

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. В. Фролова, Л. М. Храменкова

ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Учебно-методический комплекс

Минск
БГАТУ
2011

УДК 1:5(07)
ББК 87 я7
Ф82

*Рекомендовано научно-методическим советом
агротехнического факультета БГАТУ.
Протокол № 10 от 22 ноября 2010 г.*

Рецензенты:

кандидат культурологии, доцент *С.В. Масленченко*;
кандидат философских наук, доцент *И. Г. Подпорин*

Фролова, И. В.

Ф82 Основы современного естествознания : учебно.-методический комплекс / И. В. Фролова, Л. М. Храменкова. — Минск : БГАТУ, 2011. — 152 с.
ISBN 978-985-519-415-7.

Учебно-методический комплекс подготовлен в соответствии с учебной программой по учебной дисциплине «Основы современного естествознания». Включены тематика лекционных и семинарских занятий, задания для самостоятельной работы, вопросы для самопроверки, рекомендуемая литература.

УДК 1:5(07)
ББК 87 я7

ISBN 978-985-519-451-7

© БГАТУ, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| МОДУЛЬ М-0. Введение | 4 |
| МОДУЛЬ М-1. Основы современного естествознания | 8 |
| МАТЕРИАЛЫ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ | 127 |
| ЗАДАНИЯ ДЛЯ УСРС | 146 |
| ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ И ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ПО МОДУЛЮ | 148 |
| ЛИТЕРАТУРА | 149 |

МОДУЛЬ М-0

Введение

«Основы современного естествознания» – новый предмет в системе высшего образования. Прежде чем приступить к изложению этой дисциплины, зададим себе вопросы: насколько широко должен быть эрудирован человек, работающий в определенной, довольно узкой области знаний? В какой мере он должен быть в курсе современных представлений об окружающем мире, одним словом, для чего же нужно изучать современное естествознание? Во-первых, для того, чтобы стать культурным человеком, надо знать, что такое теория относительности, генетика, синергетика, социобиология, экология, этология и другие науки. Во-вторых, это важно и потому, что многое в нашей жизни строится в соответствии с научной методологией. Хотя человечеству далеко до научной организации труда, тем не менее научные принципы лежат в основе многих видов деятельности, и их надо знать, чтобы использовать. В-третьих, потому, что знания, необходимые любому специалисту, так или иначе связаны и в какой-то степени основаны на научных данных. Этих причин достаточно для обоснования важности нового предмета.

Основной задачей курса является формирование у студентов целостного систематизированного представления о концепциях современного естествознания как об одном из наиболее важных разделов науки XX и наступившего XXI веков.

Изучение данной дисциплины дает возможность понять, что такое современное естествознание, овладеть научным методом, стать всесторонне образованным культурным человеком, разбирающимся в сущности глобальных, в том числе экологических, проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством.

Естествознание, будучи сложнейшей совокупностью наук о природе, выработало в процессе своей длительной эволюции такие

способы, методы и приемы познания, которые, несомненно, могут служить и служат эталонными нормами не только для всякой науки, но приобретают общекультурное значение. Ныне рациональная естественнонаучная методология познания проникает в социальную и гуманитарную сферы, оказывает заметное воздействие на психологию, философию, искусство.

Поэтому концептуальный подход к достижениям современного естествознания предполагает не просто краткую экскурсию по основным его разделам, но и осознание мировоззренческого и методологического значения тех или иных естественнонаучных принципов и теорий в контексте современной культуры. Соответственно, курс «Основы современного естествознания» представляет собой не просто совокупность избранных глав традиционных разделов физики, химии, биологии, географии, экологии, но является результатом междисциплинарного синтеза и комплексного культурологического, философского и эволюционно-синергетического подходов к современному естествознанию.

Задачей этого курса является ознакомление студентов с историей естествознания и его основными современными концепциями, а также рассмотрение тех культурно-исторических условий, в рамках которых они формируются.

Важным является так же и то, что в настоящее время пересматривается сама концепция человека в его деятельностном отношении к миру, но не в духе отдаления от мира, а взаимоотношения Я и мира, диалога с ним, и межчеловеческой коммуникации.

Возникает новая парадигма человека, науки, технологии, коммуникации в целом, проникнутая идеями толерантности, плюрализма мнений, гибкой, а не силовой стратегией решения конфликтов и преодоления кризисов.

Недостаточная естественнонаучная грамотность специалистов и руководителей, ответственных за принятия решений, является зачастую причиной поддержки псевдонаучных идей и проектов, что чревато существенными экономическими рисками, недопустимыми для такой небольшой страны как Беларусь. Особенно это актуально для аграрного вуза, поскольку деятельность выпускаемых специалистов напрямую связана с взаимодействием человека и природы. Исходя из этого, одной из важных теоретических проблем современности является формирование в недрах наличной культуры новой мировоззренческой парадигмы и модели развития,

в которой природа рассматривается не как объект эксплуатации, а как соучастник в процессе направляемой эволюции (коэволюции), вместо требования покорения природы на первый план выдвигается идея гармонии между человеком и природой, антропоцентризм заменяется космоцентризмом, а технократическая утопия – экоразумом, центр тяжести индивидуальной психологии перемещается от потребительских целей к проблемам самореализации личности.

В связи с этим особую актуальность приобретает изучение дисциплины «Основы современного естествознания». Она формирует новые подходы, изменяющие обмен постклассической науки, ведет к сближению естественнонаучного и социально-гуманитарного знания, вырабатывает новые мировоззренческие ориентации цивилизационного развития, инициирует социоантропологические модели отношения человека к природе.

При структурировании содержания дисциплины «Основы современного естествознания» учебный материал делится на относительно самостоятельные части — модули. Примерный тематический план дисциплины приведен в таблице 1.

В результате изучения модуля студент должен

знать:

- роль естествознания в системе культуры, отличие знаний о природе от обыденных представлений;
- фундаментальные понятия и принципы современного естественнонаучного познания;

уметь характеризовать:

- общие концептуальные представления о физических, космологических, химических и биологических достижениях естествознания;
- исторические этапы познания природы и их основные проблемы;
- понятия и принципы современного естествознания;

уметь анализировать, интерпретировать и иллюстрировать — основные тенденции развития естественнонаучной мысли;

приобрести навыки и качества исследовательской деятельности (поиск и обработка различных источников и концепций, постановка и решение заявленных целей и задач).

Таблица 1

Примерный тематический план

| Но- мер моду- ля | Тема модуля | Общее кол-во аудиторных часов | В том числе | | |
|---------------------------|---|-------------------------------------|-------------|--|--|
| | | | Лек- ции | Семинарские (практиче- ские) занятия | Управляемая самостоятель- ная работа |
| М-0 | Введение | 1 | 1 | - | - |
| М-1 | Основы современ- ного есте- ствознания | 33 | 17 | 16 | 6 |
| Всего | | 34 | 18 | 16 | 6 |

МОДУЛЬ М-1

ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

1. НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

1.1. Словарь основных понятий

Абиогенез — теории возникновения живых существ из веществ неорганической природы.

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

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

Аксиология — теория ценностей.

Аннигиляция – (от лат. исчезновение, уничтожение) – пары, один из видов превращений элементарных частиц, происходящий при столкновении частицы с античастицей. При аннигиляции частица и античастица исчезают, превращаясь в другие частицы.

Антропогенез – процесс историко-эволюционного формирования физического типа человека, первоначального развития его трудовой деятельности, речи, а также общества. Учение об антропогенезе – раздел антропологии.

Антропология – наука о происхождении и эволюции человека, образования человеческих рас и о нормальных вариациях физического строения человека. Как самостоятельная наука сформировалась в сер. 19 в. основные разделы антропологии: морфология человека, учение об антропогенезе, расоведение. С середины 20 в. усиленно развивается комплекс дисциплин, объединенных под названием «биология человека» (изучение физиологических, биохимических и генетических факторов, влияющих на вариации строения и развития человеческого организма).

Антропоцентризм — воззрение, по которому человек есть центр и высшая цель мироздания.

Ауторепродукция — самовоспроизведение.

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

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

Биогеоценоз — взаимообусловленный комплекс живых и косных компонентов, связанных между собой обменов вещества и энергии; одна из наиболее сложных природных систем.

Бионика — наука, пограничная между биологией и техникой, решающая инженерные задачи на основе анализа структуры и жизнедеятельности живых организмов.

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

Биотические факторы среды — совокупность влияний, оказываемых на организмы жизнедеятельностью других организмов

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

Вакуум — (от лат. — пустота) в квантовой теории поля, низшее энергетического состояния квантового поля. Среднее число частиц — квантов поля — в вакууме равно нулю, однако они влияют на физические процессы, что обнаружено экспериментально.

Валентность — способность атома к образованию химических связей.

Витализм — идеалистическое течение в биологии, допускающее наличие в организмах нематериальной жизни.

Вселенная — весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по формам, которые принимает материя в процессе своего развития.

Галактика — (млечный) — звездная система (спиральная галактика), к которой принадлежит Солнце. Г. содержит не менее 100 млрд звезд, межзвездное вещество (газ, пыль).

Генезис — происхождение, возникновение.

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

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

Глобальный — (от лат. — шар) всесторонний, полный; всеобъемлющий, универсальный. Относящийся к территории всего земного шара, охватывающий весь земной шар.

Гносеология — теория познания.

Гоминиды — семейство отряда приматов. Включает человека современного типа и ископаемых людей: питекантропов, неандертальцев и, вероятно, некоторых ископаемых высших приматов типа австралопитека.

Градация — принцип совершенствования, ступенчатости развития от простого к сложному в биологическом мире.

Деизм — воззрение, согласно которому Бог, сотворив мир, не принимает в нем какого-либо участия и не вмешивается в закономерное течение его событий.

Дискретность (от лат. — разделенный, прерывистый) — прерывность, противопоставляется непрерывности. Например, дискретное изменение какой-либо величины во времени — изменение, происходящее через некоторые промежутки времени (скачками).

Диссипация — рассеяние, например, газов земной атмосферы в межпланетное пространство. В физике важную роль играет диссипация энергии — переход части энергии упорядоченных процессов (кинетической энергии движущегося тела, энергии электрического тока и т.д.) в энергию неупорядоченных процессов, в конечном итоге — в теплоту.

Дифракция волн — (от лат. разломанный) — отклонения волн, возникающие при их распространении в средах с резкими неоднородностями (например, с препятствиями). Свойственна всякому волновому движению; имеет место, если размеры неоднородностей порядка длины волны или больше. Например, дифракция света наблюдается при распространении света вблизи краев непрозрачных тел, сквозь узкие отверстия, щели и т.д.

Дифракция частиц – рассеяние потока микрочастиц (нейтронов, электронов, атомов, молекул и др.) кристаллами или молекулами жидкостей и газов с образованием чередующихся максимумов и минимумов в интенсивности рассеянного пучка. Дифракция частиц аналогична дифракции света и является проявлением корпускулярно-волнового дуализма частиц; наблюдается для частиц, длина волны де Бройля которых порядка расстояния между рассеивающими центрами.

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

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

Изотропность – изотропия – (греч. «ровный», «одинаковый» + поворот, направлений) – независимость свойств физических объектов от направления. Характерна для жидкостей, газов и аморфных состояний твердых тел.

Инерциальная система отсчета – в которой справедлив закон инерции: материальная точка, на которую не действуют никакие силы, находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Любая система отсчета, движущаяся относительно И.с. поступательно, равномерно и прямолинейно, также является И.с.о. Все И.с.о. равноправны, т.е. во всех таких системах законы физики одинаковы.

Интерференция волн – явление, наблюдающееся при одновременном распространении в пространстве нескольких волн и соответствующее в стационарном (или медленно изменяющемся) пространственном распределении амплитуды и фазы результирующей волны. Интерференция волн возможна, если разность фаз волн постоянна во времени, т.е. волны когерентны. Возникает для волн любой природы и частоты.

Квазары – космические объекты чрезвычайно малых угловых размеров, имеющие значительные красные смещения линий в спектрах, что указывает на их большую удаленность от Солнечной системы. Излучают в десятки раз больше энергии, чем самые мощные галактики. Источник их энергии точно не известен.

Когерентность – (от лат. находящийся в связи) – согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов. Если разность фаз двух колебаний остается постоянной во времени или меняется по строго определенному закону, то колебания называются когерентными.

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

Креационизм — концепция, трактующая многообразие форм органического мира как результат творения их Богом.

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

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

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

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

Натурфилософия — умозрительное истолкование природы, рассматриваемой в ее целостности.

Научная революция – «эпизоды развития науки, во время которых старая парадигма замещается целиком или частично новой парадигмой, несовместимой со старой» (Т. Кун. Структура научных революций. М., 1975. С.123).

Неолитическая революция – скачкообразный переход от присваивающего хозяйства (охоты и собирательства) к производящему (земледелию и скотоводству), совершившийся в эпоху неолита 9–6 тыс. лет назад.

Нуклеиновые кислоты – важнейшие биологически активные биополимеры, имеющие универсальное распространение в живой природе. Различают два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), содержащаяся преимущественно в ядрах клеток; ДНК является тем генетическим материалом, в последовательности структуры которого записана наследственная информация всех живых организмов; рибонуклеиновая кислота (РНК), находящаяся главным образом в цитоплазме.

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

Онтология – раздел философии, изучающий всеобщие основы, принципы бытия в целом, его структуру и закономерности организации.

Пантеизм — философское учение, отождествляющее Бога и мир.

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

Популяция — совокупность особей одного вида, более или менее длительно занимающая определенное пространство и воспроизводящая себя в течение многих поколений; особи одной популяции с большей вероятностью скрещиваются друг с другом, чем с особями других популяций.

Редукционизм – (от лат. – возвращение, приведение обратно): 1) упрощение, сведение сложного к более простому, обозримому, понимаемому, более доступному для анализа или решения; 2) уменьшение, ослабление чего-либо.

Реликтовое излучение – фоновое космическое излучение, спектр которого близок к спектру абсолютного черного тела с температурой 2,7 к. Наблюдается на волнах от нескольких мм до десятков см, практически изотропно. Происхождение Р.и. связывают с эволюцией Вселенной, которая в прошлом имела очень высокую температуру и плотность излучения. (Горячая Вселенная).

Релятивный (релятивистский) — относительный.

Сакральный — священный; противоположный профанному.

Синкретизм — нерасчлененность, характеризующая неразвитое состояние какой-либо системы.

Телеология (в биологии) — идеалистическое учение, согласно которому живые организмы целесообразно сотворены высшей силой, Богом.

Универсум — вся объективная реальность во времени и пространстве; в зависимости от трактовки реальности может не совпадать с понятиями «мир» и «Вселенная».

Флуктуация — случайное отклонение системы от ее закономерного состояния.

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

Цитология — раздел биологии, изучающий клетки живых организмов.

Эклектика — соединение разнородных взглядов, идей, принципов или теорий.

Экстраполяция — перенесение характеристик (в том числе и количественных) некоторой системы за ее границы, на другие системы и явления.

1.2. Основной теоретический материал

ЛЕКЦИЯ 1

Система естественнонаучного знания: развитие научного познания в различные периоды человеческой цивилизации

План

1. Сущность, специфика, роль и место естествознания в системе научного познания и культуры.
2. Социокультурный статус науки. Взаимосвязь и специфика естественнонаучной и гуманитарной культуры.
3. Особенности и структура научного познания.
4. Исторические этапы познания природы.

1. Сущность, специфика, роль и место естествознания в системе научного познания и культуры

Каждая из основных частей объективного мира — природа, общество и человек — изучается своими отдельными науками. Совокупность научных знаний о природе формируется естествознанием. Этимологически слово «естествознание» происходит от соединения двух слов: «естество», что означает природа, и «знание», т.е. знание о природе.

В современном употреблении термин «естествознание» в самом общем виде обозначает совокупность наук о природе, имеющих предметом своих исследований различные природные явления и процессы, а также закономерности их эволюции. Кроме того, естествознание является самостоятельной наукой о природе как едином целом и в этом качестве позволяет изучить любой объект окружающего нас мира более глубоко, чем это может сделать одна какая-либо из

естественных наук в отдельности. Оно включает в себя как деятельность по получению знания, так и ее результаты, т.е. систему научных знаний о природных процессах и явлениях.

Роль естествознания в жизни человека трудно переоценить. Оно является основой всех видов жизнеобеспечения — физиологического, технического, энергетического. Кроме того, естествознание служит теоретической основой промышленности и сельского хозяйства, всех технологий, различных видов производства. Тем самым оно выступает важнейшим элементом культуры человечества, одним из существенных показателей уровня цивилизации.

Отмеченные характеристики естествознания позволяют сделать вывод, что оно является подсистемой науки и в этом качестве связано со всеми элементами культуры — религией, философией, этикой и др. С другой стороны, естествознание — самостоятельная область знания, обладающая собственной структурой, предметом и методами.

Понятие «естествознание» появилось в Новое время в Западной Европе и стало обозначать всю совокупность наук о природе. Корни этого представления уходят в Древнюю Грецию, во времена Аристотеля, который первым систематизировал имевшиеся тогда знания о природе в своей «Физике». Однако эти представления были достаточно аморфными, и поэтому сегодня под естествознанием понимается так называемое *точное* естествознание — знание, соответствующее не только первым четырем, но и последнему, пятому критерию научности. Важнейшей характеристикой точного естествознания является экспериментальный метод, дающий возможность эмпирической проверки гипотез и теорий, а также оформление полученного знания в математических формулах.

Являясь самостоятельной наукой, естествознание имеет свой предмет исследования, отличный от предмета специальных (частных) естественных наук. Спецификой естествознания является то, что оно исследует одни и те же природные явления сразу с позиций нескольких наук, выявляя наиболее общие закономерности и тенденции. Только так можно представить Природу как единую целостную систему, выявить те основания, на которых строится все разнообразие предметов и явлений окружающего мира. Итогом таких исследований становится формулировка основных законов, связывающих микро-, макро- и мегамиры, Землю и Космос, физические и химические явления с жизнью и разумом во Вселенной.

Структура естествознания. Систему естественных наук можно представить в виде своеобразной лестницы, каждая ступенька которой является фундаментом для следующей за ней науки, и в свою очередь, основывается на данных предшествующей науки.

Основой, фундаментом всех естественных наук, бесспорно, является *физика*, предметом которой являются тела, их движения, превращения и формы проявления на различных уровнях. Сегодня невозможно заниматься ни одной естественной наукой, не зная физики. Внутри физики выделяется большое число подразделов, различающихся специфическим предметом и методами исследования.

Следующей ступенькой является *химия*, изучающая химические элементы, их свойства, превращения и соединения.

В свою очередь, химия лежит в основе *биологии* — науки о живом, изучающей клетку и все от нее производное. В основе биологических знаний — знания о веществе, химических элементах.

Науки о Земле являются следующим элементом структуры естествознания. В эту группу входят геология, география, экология и др. Все они рассматривают строение и развитие нашей планеты, представляющей собой сложнейшее сочетание физических, химических и биологических явлений и процессов.

Завершает эту грандиозную пирамиду знаний о Природе *космология*, изучающая Вселенную как целое. Частью этих знаний являются астрономия и космогония, которые исследуют строение и происхождение планет, звезд, галактик и т.д. На этом уровне происходит новое возвращение к физике. Это позволяет говорить о циклическом, замкнутом характере естествознания, что, очевидно, отражает одно из важнейших свойств самой Природы.

Структура естествознания не ограничивается названными выше науками. Дело в том, что в науке идут сложнейшие процессы дифференциации и интеграции научного знания.

Интеграция науки — это появление новых наук на стыках старых, процесс объединения научного знания. Примерами такого рода наук являются: физическая химия, химическая физика, биофизика, биохимия, геохимия, биогеохимия, астробиология и др.

Таким образом, построенная нами пирамида естественных наук значительно усложняется, включая в себя большое количество дополнительных и промежуточных элементов.

Необходимо также отметить, что система естествознания отнюдь не является незыблемой, в ней не только постоянно появляются новые науки, но и меняется их роль, периодически происходит смена лидера в естествознании. Так, с XVII в. до середины XX в. таким лидером, бесспорно, была физика. Но сейчас эта наука почти полностью освоила свою область действительности, и большая часть физиков занимается исследованиями, носящими прикладной

характер (то же касается химии). Сегодня бум переживают биологические исследования (особенно в пограничных областях — биофизике, биохимии, молекулярной биологии). По некоторым данным, в середине 1980-х г. в биологических науках было занято до 50 % ученых США, 34 % — в странах бывшего СССР. США, Великобритания без возражений финансируют самые разные биологические исследования. Так что XXI в., очевидно, станет веком биологии.

2. Социокультурный статус науки. Взаимосвязь и специфика естественнонаучной и гуманитарной культур

Специфической особенностью человеческой жизнедеятельности является то обстоятельство, что она протекает одновременно в двух взаимосвязанных аспектах: естественно-природном и культурном. Изначально человек представляет собой живое существо, продукт природы, но чтобы существовать в ней удобно и безопасно, человек создает внутри природы искусственный мир культуры, «вторую природу». Таким образом, человек существует в природе, взаимодействует с ней как живой организм, но при этом он как бы удваивает внешний мир, вырабатывая знания о нем, создавая образы, модели, оценки, предметы обихода и т.д. Именно такая вещно-познавательная деятельность человека и составляет культурный аспект человеческого бытия.

Культура находит свое воплощение в предметных результатах деятельности, способах и методах существования человека, в различных нормах поведения и разнообразных знаниях об окружающем мире. Вся совокупность практических проявлений культуры подразделяется на две основные группы: материальные и духовные ценности. Материальные ценности образуют материальную культуру, а мир духовных ценностей, включающий в себя науку, искусство, религию, формирует мир духовной культуры.

Духовная культура охватывает духовную жизнь общества, его социальный опыт и результаты, которые предстают перед нами в виде идей, представлений, научных теорий, художественных образов, моральных и правовых норм, политических и религиозных воззрений и многих других элементов духовного мира человека.

Культура является важнейшей сущностной характеристикой человека, отличающей его от всего остального органического мира нашей планеты. С ее помощью человек не приспосабливается к окружающей среде, как, например, растения и животные, а меняет ее, преобразует мир, делая его удобным для себя. В этом проявляется

важнейшая функция культуры — защитная, направленная на то, чтобы прямо или косвенно облегчить жизнь людей. Все сферы культуры так или иначе участвуют в решении этой важнейшей задачи, отражая при этом определенные личностные характеристики человека, а также его потребности и интересы.

В этом контексте неотъемлемой составной частью культуры выступает наука, определяющая многие важные стороны жизни общества и человека. У науки есть свои задачи, отличающие ее от других сфер культуры: получение объективных знаний об окружающем мире, познание законов, по которым он функционирует и развивается. Обладая этим знанием, человеку намного легче преобразовывать мир. Таким образом, наука представляет собой сферу культуры, наиболее тесно связанную с задачей непосредственного преобразования мира, повышения его комфортности и удобства для человека.

Не удивительно, что множество положительных сторон науки сформировали ее высокий авторитет, привели к появлению *сциентизма* — мировоззрения, основанного на вере в науку как в единственную спасительную силу, призванную решить все человеческие проблемы.

Лишь к концу XX в., осмыслив как положительные, так и отрицательные стороны науки, человечество выработало более взвешенную позицию. Признавая важную роль науки в нашей жизни, тем не менее не следует соглашаться с ее претензиями на господствующее место в жизни общества. Наука сама по себе не может считаться высшей ценностью человеческой цивилизации, она — только средство в решении некоторых проблем человеческого существования. То же относится и к другим сферам культуры. Только взаимно дополняя друг друга, все сферы культуры могут выполнять свою основную функцию — обеспечивать потребности и облегчать жизнь человека, являясь связующим звеном между человеком и природой. Если же в этой взаимосвязи какой-либо одной части придается большее значение, чем другим, то это приводит к обеднению культуры в целом и нарушению ее нормального функционирования.

Естественнонаучная и гуманитарная культуры

Культура, будучи результатом человеческой деятельности, не может существовать изолированно от мира природы, являющегося ее материальной основой. Она неразрывно связана с природой и существует внутри ее, но, имея природную основу, культура в то же время сохраняет свое социальное содержание. Такого рода двойст-

венность привела к формированию двух типов культуры: естественнонаучной и гуманитарной. Правильнее было бы назвать их двумя способами отношения к миру, а также к его познанию.

На начальной стадии человеческой истории естественно-научная и гуманитарная культуры существовали как единое целое, поскольку человеческое познание в одинаковой степени было направлено как на изучение природы, так и на познание самого себя. Однако постепенно у них выработались свои принципы и подходы, определились цели: естественнонаучная культура стремилась изучить природу и покорить ее, а гуманитарная культура ставила своей целью изучение человека и его мира.

Разделение естественнонаучной и гуманитарной культур началось еще в античности, когда появились астрономия, математика, география, с одной стороны, и театр, живопись, музыка, архитектура и скульптура — с другой. В эпоху Возрождения искусство стало важнейшей частью жизни общества, и поэтому гуманитарная культура развивалась особенно интенсивно. Новое время, напротив, характеризуется исключительно бурным развитием естествознания. Этому способствовали зарождающийся капиталистический способ производства и новые производственные отношения. Успехи естественных наук в то время были настолько впечатляющими, что в обществе возникло представление об их всесильности. Необходимость все более глубокого познания окружающего мира и выдающиеся успехи естествознания в этом процессе привели к дифференциации и самих естественных наук, т.е. к появлению физики, химии, геологии, биологии и космологии.

Впервые идея о различии естественнонаучного и гуманитарного знания была выдвинута в конце XIX в. немецким философом В. Дильтеем и философами Баденской школы неокантианства В. Виндельбантом и Г. Риккертом. Предложенные ими термины «науки о природе» и «науки о духе» достаточно быстро стали общепринятыми, а сама идея прочно утвердилась в философии. Наконец, в 60-70-е гг. XX в. английский историк и писатель Ч. Сноу сформулировал *идею альтернативы двух культур*: естественно-научной и гуманитарной. Он заявил, что духовный мир интеллигенции все отчетливее раскалывается на два лагеря, в одном из них — художественная интеллигенция, в другом — ученые. По его мнению, можно сделать вывод о существовании двух культур, находящихся в постоянном конфликте друг с другом, причем взаимопонимание между представителями этих культур в силу их абсолютной чуждости невозможно.

Обстоятельное и глубокое изучение вопроса о соотношении естественнонаучной и гуманитарной культур позволяет сделать вывод, что между ними действительно существуют немалые различия. Здесь обнаруживаются две крайние точки зрения. Сторонники первой из них заявляют, что именно естествознание с его точными методами исследования является тем образцом, которому должны подражать гуманитарные науки. Наиболее радикальные представители этой точки зрения — позитивисты, которые считают идеалом науки математическую физику, а основным методом построения любого научного знания — дедуктивный способ математики. Защитники противоположной позиции справедливо утверждают, что подобный взгляд не учитывает всей сложности и специфики гуманитарного знания и поэтому является утопическим и малопродуктивным.

Ориентируясь на деятельностную, созидательную сущность культуры, можно утверждать, что принципиальной особенностью естественнонаучной культуры является то, что она «открывает» естественный мир, природу, которая представляет собой самодостаточную систему, функционирующую в соответствии со своими собственными законами. Естественнонаучная культура именно поэтому акцентирует свое внимание на изучении и исследовании природных процессов и законов, ими управляющих. Однако любая духовная деятельность людей протекает не только в форме естественнонаучного познания, но и в форме философии, религии, искусства, социальных и гуманитарных наук. Все эти виды деятельности и составляют содержание гуманитарной культуры. Основным предметом гуманитарной культуры, таким образом, является внутренний мир человека, его личностные качества, человеческие взаимоотношения и т.д.

Все сказанное выше дает основание утверждать, что между естественнонаучным и гуманитарным знанием существуют немалые различия. Эти различия обусловлены не только разными целями, предметами и объектами данных направлений познавательной деятельности, но и двумя основными способами процесса мышления, имеющими физиологическую природу. Сегодня достоверно известно, что мозг человека функционально асимметричен: правое его полушарие связано с образным интуитивным типом мышления, а левое — с логическим. Преобладание того или иного типа мышления определяет склонность человека к рациональному или художественному типу восприятия мира.

Рациональное знание служит основой естественнонаучной культуры, поскольку ориентировано на разделение, сравнение, измерение

и распределение по категориям знаний и информации об окружающем мире. Оно наиболее приспособлено для формализации, накопления и трансляции постоянно увеличивающегося количества знаний. В совокупности различных фактов, событий и проявлений окружающего мира оно вскрывает общее, устойчивое, необходимое и закономерное, придает им системный характер путем логического осмысления. В силу перечисленных особенностей для естественнонаучного знания свойственны стремление к истине, выработка специального языка для максимально точного и однозначного выражения полученного знания.

Интуитивное мышление, напротив, выступает основой для гуманитарного знания, поскольку оно отличается индивидуальным характером и поэтому не может быть подвержено строгой классификации или формализации. Оно основывается на внутренних переживаниях человека и не имеет строгих объективных критериев истинности. Однако оно обладает огромной познавательной силой, так как ассоциативно и метафорично по своему характеру. Используя метод аналогии, оно способно выходить за рамки логических конструкций и рождать новые явления материальной и духовной культуры.

Таким образом, естественнонаучная и гуманитарная культуры обособлены не случайно, их различия велики. Вместе с тем данное разделение не исключает их исходной взаимозависимости, которая не носит характера несовместимых противоположностей, а выступает скорее как взаимодополняемость. Острота и актуальность проблемы взаимодействия двух культур состоит в том, что они оказались слишком дистанцированными друг от друга. Одна из них исследует природу «саму по себе», а другая — человека и общество «самих по себе». При этом взаимодействие человека и природы каждая из культур рассматривает либо только в познавательном, либо только в «покорительном» планах, в то время как обращение к бытию человека требует углубления единства не только естественно-научной и гуманитарной культур, но и единства всей человеческой культуры в целом. Однако решение этой проблемы упирается в парадокс, заключающийся в том, что законы природы для всех людей и везде одинаковы, но различны и до враждебности несовместимы мировоззрения, нормы и идеалы отношения к себе, к другим людям и окружающему миру.

Сегодня очевидно, что как в естественнонаучном, так и в гуманитарном знании усиливаются интеграционные процессы за счет прямых связей между естественными и гуманитарными науками и за счет общих методов исследования. В этом процессе обогащается техниче-

ское оснащение гуманитарных исследований. Тем самым устанавливаются связи гуманитарных наук с естественными, которые также заинтересованы в этом. Например, результаты логических и лингвистических исследований используются в разработке информационных средств естествознания. Все большее значение также приобретают совместные разработки естественников и гуманитариев в сфере этических и правовых проблем науки. Сегодня можно говорить о гуманитаризации естествознания и сциентизации гуманитарного знания, активно происходящих в наши дни и стирающих границы между двумя культурами.

3. Особенности и структура научного познания

Уровни научного познания

В современном естествознании обычно выделяют эмпирический и теоретический уровни познания.

Эмпирический уровень познания. На эмпирическом (опытном) уровне познания используются главным образом методы, опирающиеся на чувственно-наглядные приемы и способы познания: систематическое наблюдение, сравнение, аналогия и т.д. На данном уровне познание имеет дело с фактами и их описанием. Вся научная информация основана на наблюдениях и подвергается объективной проверке. Однако сами по себе эмпирические факты и обобщения мало что объясняют.

Теоретический уровень познания. Только на этом уровне становится возможным формулирование законов, являющееся целью науки. Для этого нужно уметь увидеть за многочисленными, часто совершенно непохожими внешне фактами, именно существенные, а не просто повторяющиеся свойства и характеристики предметов и явлений. Главная задача теоретического уровня познания заключается в том, чтобы привести полученные данные в стройную систему и создать из них научную картину мира. Для этого отдельные чувственные данные складываются в одну целостную систему — теорию. Теоретический уровень познания обычно расчленяется на два типа — фундаментальные теории и теории, которые описывают конкретную область реальности.

При всех различиях между эмпирическим и теоретическим уровнями познания нет непреодолимой границы: теоретический уровень опирается на данные эмпирического, а эмпирическое знание не может существовать без теоретических представлений, оно обязательно погружено в определенный теоретический контекст.

Формы научного познания

К основным формам научного познания относятся научные факты, проблемы, гипотезы и теории. Их назначение состоит в том, что они раскрывают динамику процесса познания, т.е. движение и развитие знания в ходе исследования или изучения какого-либо объекта.

Фундаментом всего научного знания являются **научные факты**, с установления которых начинается научное познание.

Научный факт — это отражение конкретного явления в человеческом сознании, т.е. его описание с помощью языка науки (обозначение, термины и т.п.). Одним из важнейших свойств научного факта является его достоверность, которая обуславливается возможностью его воспроизведения с помощью различных экспериментов.

Следующим шагом в научном познании является **формулирование проблемы**. Проблема определяется как «знание о незнании», как форма знания, содержанием которой является осознанный вопрос, для ответа на который имеющихся знаний недостаточно. Поиск, формулирование и решение проблем — основная черта научной деятельности. Проблемы отделяют одну науку от другой, задают характер научной деятельности как подлинно научной или псевдонаучной.

Наличие проблемы при осмыслении необъяснимых фактов влечет за собой предварительный вывод, требующий своего экспериментального, теоретического и логического подтверждения.

Гипотеза — это знание в форме предположения, сформулированного на основе ряда достоверных фактов. По своему происхождению гипотетическое знание носит вероятностный, а не достоверный характер и поэтому требует обоснования и проверки. Решающим критерием истинности гипотезы является практика во всех своих формах, а вспомогательную роль при этом играет логический критерий истины.

Выдвижение гипотез — один из самых сложных моментов в науке. Ведь они не связаны прямо с предшествующим опытом, который лишь дает толчок к размышлениям. Огромную роль играют интуиция и талант. Интуиция важна так же, как и логика. Ведь рассуждения в науке не являются доказательствами, это только выводы, которые свидетельствуют об истинности рассуждений, если посылки верны, но они ничего не говорят об истинности самих посылок. Выбор посылок связан с практическим опытом и интуицией ученого, который из огромного множества эмпирических фактов и обобщений должен выбрать действительно важные. Затем ученый должен выдвинуть предположение, объясняющее эти факты, а также целый ряд явлений, еще не зафиксированных в наблюдениях, но относящихся к этому же классу событий.

При выдвижении гипотезы принимается во внимание не только ее соответствие эмпирическим данным, но и требования простоты, красоты и экономичности мышления.

В случае своего подтверждения гипотеза становится теорией.

Теория — это логически обоснованная и проверенная на практике система знаний, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей в определенной области объективной реальности. Главная задача теории — описать, систематизировать и объяснить все множество эмпирических фактов.

Научная теория — это развивающаяся система знания, главными элементами которой являются принципы и законы.

Принципы — это наиболее общие и важные фундаментальные положения теории. В свою очередь, содержание каждого принципа раскрывается с помощью *законов*, которые конкретизируют принципы, объясняют механизм их действия, логику взаимосвязи вытекающих из них следствий. Теория выполняет две важнейшие функции: объяснение и предсказание, т.е. научное предвидение.

Методы научного познания

Научный метод — это совокупность приемов и операций практического и теоретического познания действительности.

В основе методов науки лежит единство эмпирических и теоретических сторон. Они взаимосвязаны и обуславливают друг друга. Помимо выделения двух уровней познания, в основу классификации научных методов может быть положена применяемость метода, возможность его использования в разных сферах человеческой деятельности. В таком случае можно выделить общие, особенные и частные методы научного познания.

Общие методы научного познания

Общие методы познания касаются любого предмета, любой науки. Это, скорее, общеполитические методы познания. В истории философии можно найти только два таких метода — метафизический и диалектический. До конца XIX в. в науке господствовал метафизический метод, и лишь с XX в. он уступил свое место диалектическому методу познания. Оба этих метода лишь намечают границы познания.

Частные методы научного познания

Частные методы научного познания — это специальные методы, действующие только в пределах отдельной отрасли науки.

Хотя частные методы и способы исследования в разных науках могут заметно отличаться друг от друга, однако общий подход этих методов к процессу познания остается в сущности одним и тем же. Все они определяют тактику исследования. Стратегию исследования определяют особенные методы познания. Кроме того, все частные методы познания связаны с определенными сторонами или сочетаниями особенных методов.

Особенные методы научного познания

- Особенности методов научного познания используются большинством наук на разных этапах познавательной деятельности и касаются определенной стороны изучаемого предмета или приема исследования. Именно среди особенных методов можно выделить эмпирический и теоретический уровни познания.

Среди общенаучных подходов в современной науке все более важное место занимают системный подход и глобальный эволюционизм.

Системный подход. Сущность системного подхода

Под системным подходом в широком смысле понимают метод исследования окружающего мира, при котором интересующие нас предметы и явления рассматриваются как части или элементы определенного целостного образования.

Эти части и элементы, взаимодействуя друг с другом, формируют новые свойства целостного образования (системы), отсутствующие у каждого из них в отдельности. Таким образом, мир с точки зрения системного подхода предстает перед нами как совокупность систем разного уровня, находящихся в отношениях иерархии.

В современной науке в основе представлений о строении материального мира лежит именно системный подход, согласно которому любой объект материального мира может быть рассмотрен как сложное образование, включающее составные части, организованные в целое. Для обозначения этой целостности в науке выработано понятие системы.

В современной науке под системой понимают внутреннее (или внешнее) упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, проявляющее себя как нечто единое по отношению к другим объектам или внешним условиям.

Понятие «элемент» означает минимальный, далее уже неделимый компонент в рамках системы. Во всех системах связь между ее элементами является более устойчивой, упорядоченной и внутренне

необходимой, чем связь каждого из элементов с окружающей средой. Элемент является таковым лишь по отношению к данной системе, при других отношениях он сам может представлять сложную систему. Совокупность связей между элементами образует *структуру системы*. Существует два типа связей между элементами системы: горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальные связи — это связи координации между однопорядковыми элементами системы. Они носят коррелирующий характер: ни одна часть системы не может измениться без того, чтобы не изменились другие ее части.

Вертикальные связи — это связи субординации, т.е. соподчинения элементов. Они выражают сложное внутреннее устройство системы, где одни части по своей значимости могут уступать другим, подчиняться им.

Степень взаимодействия частей системы друг с другом может быть различной. Кроме того, любой предмет или явление окружающего мира, с одной стороны, может входить в состав более крупных и масштабных систем, а с другой стороны — сам являться системой, состоящей из более мелких элементов и составных частей. Поэтому все предметы и явления окружающего нас мира могут изучаться и как элементы систем, и как целостные системы, а системность является неотъемлемым свойством мира, в котором мы живем. В этом заключается сущность системного подхода.

Глобальный эволюционизм

Если в системном подходе воплотилась идея всеобщей связи всех предметов и явлений мира, то в глобальном эволюционизме — идея развития мира. Только к концу XX в. естествознание нашло теоретические и методологические средства для создания единой модели универсальной эволюции, выявления общих законов природы, связывающих в единое целое происхождение Вселенной (космогенез), возникновение Солнечной системы и нашей планеты Земля (геогенез), возникновение жизни (биогенез) и, наконец, возникновение человека и общества (антропосоциогенез).

В концепции глобального эволюционизма подчеркивается важнейшая закономерность — *направленность развития мирового целого на повышение своей структурной организации*. Вся история Вселенной — от момента сингулярности до возникновения человека — предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи. В настоящее время идея гло-

бального эволюционизма — это не только констатирующее положение, но и регулятивный принцип. С одной стороны, он дает представление о мире как о целостности, позволяет мыслить общие законы бытия в их единстве, а с другой — ориентирует современное естествознание на выявление конкретных закономерностей глобальной эволюции материи на всех ее структурных уровнях, на всех этапах ее самоорганизации.

Основы синергетики и неравновесной термодинамики

Синергетика (кооперативность, сотрудничество, взаимодействие различных элементов системы) — по определению ее создателя Г. Хакена, занимается изучением систем, состоящих из многих подсистем самой различной природы, таких, как атомы, молекулы, клетки, механические элементы, органы, животные и даже люди. Это наука о самоорганизации простых систем, о превращении хаоса в порядок.

Основная идея синергетики — идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации. Это происходит при возникновении положительной обратной связи между системой и окружающей средой. Иными словами, под воздействием внешней среды внутри системы возникают полезные изменения, которые постепенно накапливаются, а затем кардинально меняют эту систему, превращая ее в другую, более сложную и высокоорганизованную.

Воздействию окружающей среды могут подвергаться сразу несколько однотипных систем, но в силу различных флуктуаций (отклонений) они могут формировать разные обратные связи, порождать разные ответные реакции, далеко не все из которых могут привести к самоорганизации системы. Можно сказать, что между системами идет своеобразная конкуренция, отбор того типа поведения, такой обратной связи, которая позволяет выжить в условиях конкуренции. Как замечает сам Хакен, это приводит нас в определенном смысле к своего рода обобщенному дарвинизму, действие которого распространяется не только на органический мир, но и на неживую природу, а также на социальные системы.

Синергетика претендует на открытие универсального механизма самоорганизации. Однако объектом синергетики независимо от его природы могут быть только те системы, которые удовлетворяют определенным требованиям. Такими требованиями, в частности, являются открытость, существенная неравновесность и выход из критического состояния скачком, в процессе фазового перехода.

Открытость — важнейшее свойство самоорганизующихся систем, которые постоянно обмениваются веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Именно открытость является причиной неравновесности систем. Если закрытые системы, для которых и были сформулированы начала классической термодинамики, неизбежно стремятся к однородному равновесному состоянию — состоянию термодинамического равновесия, то открытые системы меняются, причем наоборот, в них важным оказывается фактор времени.

При определенных условиях и значениях параметров, характеризующих систему и изменяющихся под воздействием изменений окружающей среды, система переходит в состояние существенной неравновесности — критическое состояние, сопровождаемое потерей устойчивости. Ведь любая система остается сама собой только в определенных рамках. Так, вода остается водой только при температуре от 0 до 100°C при нормальном атмосферном давлении, за границами этих условий она превращается в лед или пар. Естественно, что существование социальной или биологической системы будет зависеть от иных условий, чем функционирование физических или химических систем. Но такие важнейшие показатели, от которых зависит само существование систем, есть всегда. Они называются *управляющими параметрами системы*.

Из критического состояния существенной неравновесности системы всегда выходят скачком. Скачок — это крайне нелинейный процесс, при котором даже малые изменения управляющих параметров системы вызывают ее переход в новое качество. Например, при снижении температуры воды до определенного значения она скачкообразно превращается в лед. Около критической точки перехода достаточно изменить температуру воды (управляющий параметр) на доли градуса, чтобы вызвать ее практически мгновенное превращение в твердое тело.

Итак, самоорганизующиеся системы обретают присущие им структуры или функции без какого бы то ни было вмешательства извне. Обычно они состоят из большого числа подсистем. При изменении управляющих параметров в системе образуются качественно новые структуры. При этом системы переходят из однородного, недифференцированного состояния покоя в неоднородное, но хорошо упорядоченное состояние или в одно из нескольких возможных состояний.

Важно, что этими системами можно управлять, изменяя действующие на них внешние факторы. Поток энергии, вещества или информации уводит физическую, химическую, биологическую или со-

циальную систему далеко от состояния термодинамического равновесия. Изменяя температуру, уровень радиации, давление и т.д., мы можем управлять системами извне.

Самоорганизующиеся системы способны сохранять внутреннюю устойчивость при воздействии внешней среды, они находят способы самосохранения, чтобы не разрушаться и даже улучшать свою структуру.

Несколько иной аспект имеет неравновесная термодинамика И. Пригожина. В созданной им науке он поставил задачу доказать, что неравновесие может быть причиной порядка. Новая термодинамика стала способна отражать скачкообразные процессы.

Чтобы система могла не только поддерживать, но и создавать упорядоченность из хаоса, она непременно должна быть открытой и иметь приток вещества, энергии и информации извне. Именно такие системы названы Пригожиным *диссипативными*.

Диссипативность — это особое динамическое состояние, когда из-за процессов, протекающих с элементами неравновесной системы, на уровне всей системы проявляются качественно новые свойства и процессы.

Благодаря диссипативности в неравновесных системах могут спонтанно возникать новые структуры, происходить переход к порядку из хаоса.

В ходе своего развития диссипативные системы проходят два этапа:

1) период плавного эволюционного развития с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, подводящими в итоге систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию;

2) скачок, одномоментно переводящий систему в новое устойчивое состояние с более высокой степенью сложности и упорядоченности.

Особое внимание неравновесная термодинамика уделяет фазе скачка, являющейся разрешением возникшей кризисной ситуации и характеризующейся критическими значениями управляющих параметров системы. Пригожин трактует такой переход как приспособление диссипативной системы к изменившимся внешним условиям, чем обеспечивается ее выживание. Это и есть акт самоорганизации.

Очень важно отметить, что переход диссипативной системы из критического состояния в новое устойчивое состояние неоднозначен. Сложные неравновесные системы имеют возможность перейти из неустойчивого положения в одно из нескольких возможных устойчивых состояний. В какое именно из них совершится переход — дело случая. Это связано с тем, что в системе, пребывающей в критическом состоянии, развиваются сильные флуктуации. Под действием одной из них

и происходит скачок в конкретное устойчивое состояние. Поскольку флуктуации случайны, то и «выбор» конечного состояния оказывается случайным. Но после совершения перехода назад возврата нет. Скачок носит одnorазовый и необратимый характер.

Критическое значение параметров системы, при которых возможен неоднозначный переход в новое состояние, называют точкой **бифуркации**.

Обнаружение феномена бифуркации, как считает Пригожин, ввело в физику элемент исторического подхода, смогло доказать необратимость времени. При протекании самоорганизации в явном виде обнаруживается «стрела времени» — однонаправленность времени от прошлого к будущему. Классическая термодинамика доказывала необратимость времени, используя второе начало термодинамики. Необратимый процесс возрастания энтропии всегда идет от прошлого к будущему. Тем не менее, в классической механике возможность обращения времени была не исключена. Так, поменяв в уравнениях «плюс» на «минус» перед временем и скоростью, можно получить описание движения данного тела по пройденному пути в обратном направлении. Конечно, весь наш опыт убеждал в невозможности повернуть время вспять, однако теоретически такая возможность оставалась.

Неравновесная термодинамика Пригожина использует для доказательства существования «стрелы времени» скачок — процесс скачка невозможно повернуть назад. После перехода через точку бифуркации система качественно преобразуется. Таким образом, законы неравновесной термодинамики с неизбежностью говорят о необратимости времени. Ведь скачок в точке бифуркации всегда случаен, определяется уникальным сочетанием множества факторов, воссоздать которые вновь (если бы мы захотели повернуть процесс вспять) практически невозможно.

Феномен бифуркации также заставляет по-новому взглянуть на соотношение случайного и закономерного в развитии систем и в природе в целом. Если в фазе эволюции ход процессов закономерен и жестко детерминирован, то скачок всегда происходит случайным образом, и поэтому именно случайность определяет последующий закономерный эволюционный этап вплоть до следующего скачка в новой критической точке.

В том, что точки бифуркации — это не абстракция, имеет возможность убедиться каждый человек. Ведь человек и его жизнь тоже являются сложной открытой неравновесной системой. У каждого из

нас периодически возникают ситуации, когда мы стоим перед выбором своего дальнейшего жизненного пути. И очень часто наш выбор определяется случайным стечением обстоятельств. Например, человек собирался уехать учиться в другой город, но заболел и остался дома, поэтому пошел учиться совсем в другое место. Этот случайный выбор определил его последующий жизненный путь — выбор работы, знакомство с друзьями, будущим спутником жизни и т.д.

Системный подход и глобальный эволюционизм являются важнейшими составными частями современной научной картины мира. Она выглядит следующим образом. Мир, в котором мы живем, состоит из разномасштабных открытых систем, развитие которых протекает по единому алгоритму. В основе этого алгоритма заложена присущая материи способность к самоорганизации, проявляющаяся в критических точках системы. Самая крупная из известных человеку систем — это развивающаяся Вселенная. Вся ее история — от Большого взрыва до возникновения человека — предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи. При этом весь мир представляет собой единое целое, иерархически организованную систему. Это и есть идея глобального эволюционизма.

4. Исторические этапы познания природы

Будучи составной частью науки и культуры, естествознание имеет такую же длительную и сложную историю. Согласно мнению историков науки, развитие естествознания прошло три стадии и в конце XX в. вступило в четвертую. Этими стадиями являются древнегреческая натурфилософия, средневековое естествознание, классическое естествознание Нового и Новейшего времени и современное естествознание XX в.

Первый этап — *натурфилософский* — связан с накоплением знаний и описанием природных явлений. Позднее к этому процессу добавляется теоретическое осмысление причин, способов и особенностей изменений в природе, появляются первые концепции рационального объяснения изменений природы. Наступает так называемый *аналитический этап* в развитии науки, когда идут анализ природы, выделение и изучение отдельных вещей и явлений, поиски отдельных причин и следствий. Такой подход характерен для начального этапа развития любой науки, а в плане исторического развития науки — для позднего Средневековья и Нового времени. В это время методики и теории объединяются в естествознание как целостную науку

о природе, происходит череда научных революций, каждый раз кардинально меняющих практику общественного развития.

Итогом развития науки становится *синтетическая стадия*, когда ученые воссоздают целостную картину мира на основе уже познанных частностей.

Древнегреческая натурфилософия

Самые первые знания человека о природе сложились в глубокой древности. Уже первобытные люди в борьбе с природой, добывая себе пищу и защищаясь от диких зверей, постепенно накапливали знания о природе, ее явлениях и свойствах окружающих их материальных вещей. Однако знания первобытных людей не являлись научными, поскольку не были ни систематизированы, ни объединены какой-либо теорией. Порожденные материальной деятельностью человека и добыванием средств к существованию, эти знания имели форму практического опыта.

Условиям возникновения науки как части культуры соответствует древнегреческое знание VI—IV вв. до н.э. В это время древнегреческая культура обрела принципиально новые черты, которыми не обладала культура Древнего Востока, общепризнанного центра рождения человеческой цивилизации.

Античная наука появилась в форме научных программ (парадигм). В них была определена цель научного познания — изучение процесса превращения первоначального Хаоса в Космос — разумно организованный и устроенный мир через поиски космического (порядкообразующего) начала. Не случайно первые крупные представители натурфилософии — Фалес, Анаксимандр, Гераклит, Диоген в своих утверждениях руководствовались идеей о единстве сущего, происхождении вещей из какого-либо природного первоначала (воды, воздуха, огня), а также о всеобщей одушевленности материи.

Также научные программы использовали идею единства микро- и макрокосмоса, подобия мира и человека для обоснования возможности познания мира. Утверждая, что подобное познается подобным, древние греки считали, что единственным инструментом познания может быть человеческий разум, отвергая эксперимент как метод познания мира. Так была четко сформулирована рационалистическая позиция, позже ставшая господствующей в европейской культуре.

Древнегреческие философы, не прибегая к систематическому исследованию и эксперименту, на основе преимущественно собственных наблюдений пытались единым взглядом охватить и объяснить

всю окружающую действительность. Возникавшие в это время естественнонаучные идеи носили предельно широкий философский характер и существовали как натурфилософия (философия природы), которая отличалась непосредственным созерцанием окружающего мира как единого целого и умозрительными выводами из этого созерцания.

Первой научной программой античности стала **математическая программа**, представленная Пифагором и позднее развитая Платоном. В ее основе, как и в основе других античных программ, лежало представление, что мир (Космос) — это упорядоченное выражение целого ряда первоначальных сущностей. Пифагор эти сущности нашел в числах и представил их в качестве первоосновы мира. Таким образом, в математической программе в основе мира лежат количественные отношения действительности. Этот подход позволил увидеть за миром разнообразных качественно различных предметов их количественное единство. Самым ярким воплощением математической программы стала геометрия Евклида, знаменитая книга которого «Начала» появилась около 300 г. до н.э. Кроме того, пифагорейцами впервые была выдвинута идея о шарообразной форме Земли.

Дальнейшее развитие естествознания получило в античной атомистике Демокрита — учении о дискретном строении материи, согласно которому весь мир состоит из пустоты и различающихся между собой атомов, находящихся в вечном движении и взаимодействии. Эти идеи составили вторую научную программу античности — **атомистическую программу** Левкиппа — Демокрита. В рамках атомистической программы было сделано несколько очень важных предположений. Среди них — идея пустоты, лежащая в основе концепции бесконечного пространства. Именно так рождается представление Демокрита, что мир в целом — это беспредельная пустота со множеством самостоятельных замкнутых миров-сфер. Эти миры образовались в результате вихревого кругообразного столкновения атомов. В этих вихрях крупные и тяжелые атомы скапливались в центре, а маленькие и легкие вытеснялись на окраины. Из первых возникла земля, из вторых — небо. В каждом замкнутом мире в центре находится земля, на окраине — звезды. Число миров бесконечно, многие из них могут быть населены. Эти миры возникают и гибнут. Когда одни находятся в расцвете, другие только рождаются или уже гибнут.

Современник Демокрита Эмпедокл, первым высказавший идею о несотворимости и неуничтожимости материи, объяснил причину затмений Солнца, догадался, что свет распространяется с большой

скоростью, которую мы не в состоянии замечать. Он попытался объяснить происхождение животных. По его мнению, сначала появились отдельные органы животных, которые в процессе случайных сочетаний стали порождать разнообразные живые существа. Несоответствующие друг другу объединения органов неизбежно погибали, а выживали только те, в которых объединившиеся органы случайно оказались взаимно подходящими.

Свое высшее развитие древнегреческая натурфилософия получила в учении Аристотеля, объединившего и систематизировавшего все современные ему знания об окружающем мире. Оно стало основой третьей, **континуальной программы** античной науки. Основными трактатами, составляющими учение Аристотеля о природе, являются «Физика», «О небе», «Метеорологика», «О происхождении животных» и др. В этих трактатах были поставлены и рассмотрены важнейшие научные проблемы, которые позднее стали основой для возникновения отдельных наук. Особое внимание Аристотель уделил вопросу движения физических тел, положив тем самым начало изучению механического движения и формированию понятий механики (скорость, сила и т.д.). Правда, представления Аристотеля о движении кардинально отличаются от современных. Он считал, что существуют совершенные круговые движения небесных тел и несовершенные движения земных предметов. Если небесные движения вечны и неизменны, не имеют начала и конца, то земные движения их имеют и делятся на естественные и насильственные. Аристотель считал, что у каждого тела есть предназначенное ему в соответствии с его природой место, которое это тело и стремится занять. Движение тел к своему месту — это естественное движение, оно происходит само собой, без приложения силы. Примером может служить падение тяжелого тела вниз, стремление огня вверх. Все прочие движения на Земле требуют приложения силы, направлены против природы тел и являются насильственными. Аристотель доказывал вечность движения, но не признавал возможности самодвижения материи. Все движущееся приводится в движение другими телами. Первоисточником движения в мире является перводвигатель — Бог. Как и модель Космоса, эти представления благодаря непререкаемому авторитету Аристотеля настолько укоренились в умах европейских мыслителей, что были опровергнуты только в Новое время после открытия Г. Галилеем идеи инерции.

Представление о физическом взаимодействии Аристотеля тесно связано с его концепцией движения. Поэтому взаимодействие понимается им как действие движущего на движимое, т.е. одностороннее

воздействие одного тела на другое. Это прямо противоречит хорошо известному сегодня третьему закону Ньютона, утверждающему, что действие всегда равно противодействию.

Учение Аристотеля о пространстве и времени исходит из понятия непрерывности. Поэтому пространство для него — это протяженность тел, а время — их длительность. Пространство и время Аристотеля существуют только вместе с материей, поэтому его концепция пространства и времени может быть названа относительной. Он отрицает существование пустоты, весь Космос заполнен материей, он не однороден, так как в нем есть центр и периферия, верх и низ. Именно по отношению к ним мы разделяем движения на естественные и насильственные.

Концепция причинно-следственных связей Аристотеля строится на понятиях целесообразности и конечной причины. Для него ход любого процесса определяется его результатом. Мыслитель воспринимает природу как единый живой организм, все части которого взаимосвязаны, и одно происходит ради другого. Так, дождь идет не потому, что сложились соответствующие метеорологические условия, а для того, чтобы мог расти хлеб. Такой подход называется *телеологием*. Он не отрицает существование случайностей, но они носят второстепенный характер, происходят по недосмотру природы.

Космология Аристотеля носила геоцентрический характер, поскольку основывалась на идее, что в центре мира находится наша планета Земля, имеющая сферическую форму и окруженная водой, воздухом и огнем, за которыми находятся сферы больших небесных светил, вращающихся вокруг Земли вместе с другими маленькими светилами.

Бесспорным достижением Аристотеля стало создание формальной логики, изложенной в его трактате «Органон» и поставившей науку на прочный фундамент логически обоснованного мышления с использованием понятийно-категориального аппарата. Ему же принадлежит утверждение порядка научного исследования, которое включает изучение истории вопроса, постановку проблемы, внесение аргументов «за» и «против», а также обоснование решения. После его работ научное знание окончательно отделилось от метафизики (философии), также произошла дифференциация самого научного знания. В нем выделились математика, физика, география, основы биологии и медицинской науки.

Завершая рассказ об античной науке, нельзя не сказать о работах других выдающихся ученых этого времени. Активно развивалась астрономия, которой нужно было привести в соответствие наблюдае-

мое движение планет (они движутся по очень сложным траекториям, совершая колебательные, петлеобразные движения) с предполагаемым их движением по круговым орбитам, как этого требовала геоцентрическая модель мира. Решением этой проблемы стала система эпициклов и деферентов александрийского астронома Клавдия Птолемея (I—II вв. н.э.). Чтобы спасти геоцентрическую модель мира, он предположил, что вокруг неподвижной Земли на ходится окружность с центром, смещенным относительно центра Земли. По этой окружности, которая называется деферентом, движется центр меньшей окружности, которая называется эпициклом.

Нельзя не сказать еще об одном античном ученом, заложившем основы математической физики. Это — Архимед, живший в III в. до н.э. Его труды по физике и механике были исключением из общих правил античной науки, так как он использовал свои знания для построения различных машин и механизмов. Тем не менее, главным для него, как и для других античных ученых, была сама наука. И механика для него становится важным средством решения математических задач. Хотя для Архимеда техника была лишь игрой научного ума, результатом выхода науки за свои рамки (то же отношение к технике и машинам как к игрушкам было характерно для всей эллинистической науки), его работы сыграли основополагающую роль в возникновении таких разделов физики, как статика и гидростатика. В статике Архимед ввел в науку понятие центра тяжести тел, сформулировал закон рычага. В гидростатике он открыл закон, носящий его имя: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости, вытесненной телом.

Как видно из приведенного и далеко не полного перечня идей и направлений натурфилософии, на этой стадии были заложены основы многих современных теорий и отраслей естествознания. В то же время не менее важным представляется формирование в этот период стиля научного мышления, включающего стремление к нововведениям, критику, стремление к упорядоченности и скептическое отношение к общепринятым истинам, поиск универсалий, дающих рациональное понимание окружающего мира.

Развитие науки в Средние века

Развитие естественнонаучного познания в Средние века было непосредственно сопряжено с утверждением двух мировых религий: христианства и ислама, которые претендовали на абсолютное знание природы. Эти религии объясняли происхождение природы

в форме **креационизма**, т.е. учения о сотворении природы Богом. Все другие попытки объяснить мир и природу из самих себя, без допущения сверхъестественных божественных сил, осуждались и беспощадно пресекались. Многие достижения античной науки были забыты.

В отличие от античности, средневековая наука не предложила новых фундаментальных программ, но она в то же время не ограничивалась только пассивным усвоением достижений античной науки. Ее вклад в развитие научного знания состоял в том, что был предложен целый ряд новых интерпретаций и уточнений понятий и методов исследования, которые разрушали античные научные программы, подготавливая почву для механики Нового времени.

С точки зрения христианского мировоззрения человек считался созданным по образу и подобию Божьему, чтобы он был господином земного мира. Так в сознание человека проникает очень важная идея, которая никогда не возникала и не могла возникнуть в античности: раз человек является господином этого мира, значит он имеет право переделывать этот мир так, как это нужно ему. Новый, деятельный подход к природе был также связан с изменением отношения к труду, который становится обязанностью каждого христианина. Постепенно физический труд стал пользоваться в средневековом обществе все большим уважением. Тогда же возникло желание облегчить этот труд, что вызвало новое отношение к технике. Теперь изобретение машин и механизмов переставало быть пустой забавой, как в античности, а становилось делом полезным и уважаемым. Все это не могло не подкрепить нового, деятельно-практического отношения к миру.

Таким образом, именно христианское мировоззрение посеяло зерна нового отношения к природе, которое позволило уйти от созерцательного отношения, присущего античности, и прийти к экспериментальной науке Нового времени, поставившей целью практическое преобразование мира для блага человека.

Христианское вероучение, соединенное с выхолащенной философией Аристотеля, явилось в Средние века господствующим философским направлением и получило название **схоластики**. Для этого направления мысли было характерно упрощение натурфилософии Аристотеля и приспособление ее к догмам христианства в качестве официальной религиозной доктрины. Схоластика была оторвана от реальной действительности, занятие естествознанием рассматривалось как пустое дело. Тем не менее, схоластика сыграла очень важную роль в развитии способностей к познанию мира европейским человеком. Это, прежде всего, развитие логико-дискурсивного мышления и ис-

кусства логической аргументации. Результатом стал высочайший уровень умственной дисциплины в эпоху позднего Средневековья. Без этого был бы невозможен дальнейший прогресс интеллектуальных средств научного познания.

В недрах средневековой культуры успешно развивались такие специфические области знания, как астрология, алхимия, ятрохимия, натуральная магия. Часто их называли герметическими (тайными) науками. Они представляли собой промежуточное звено между техническим ремеслом и натурфилософией, содержали в себе зародыш будущей экспериментальной науки в силу своей практической направленности.

Очень важными для становления классической науки Нового времени были новые представления о мире, опровергавшие некоторые положения античной научной картины мира. Они легли в основу механистического объяснения мира. Появились понятия пустоты, бесконечного пространства и движения по прямой линии. Также появляются понятия «средняя скорость», «равноускоренное движение», вызревает понятие ускорения.

Также закладывается новое понимание механики, которая в античности была прикладной наукой. Античность и раннее Средневековье рассматривали все созданные человеком инструменты как искусственные, чуждые природе. В силу этого они не имели никакого отношения к познанию мира, так как действовал принцип: «подобное познается подобным». Именно поэтому только человеческий разум в силу принципа подобия человека космосу (единства микро- и макрокосмоса) мог познавать мир. Теперь же инструменты стали считаться частью природы, лишь обработанной человеком, и в силу своего тождества с ней их можно было использовать для познания мира. Таким образом, открывалась возможность использования экспериментального метода познания.

Еще одной новацией стал отказ от античной идеи о модели совершенства — круге. Эта модель была заменена моделью бесконечной линии, что способствовало формированию представлений о бесконечности Вселенной, а также лежало в основе исчисления бесконечно малых величин, без которого невозможно дифференциальное и интегральное исчисление. На нем строится вся математика Нового времени, а значит, и вся классическая наука.

Развитие науки в эпоху Возрождения

Развитие науки в эпоху Возрождения неразрывно связано с именем Леонардо да Винчи, который развил свой метод познания природы. Он был убежден, что познание идет от частных опытов и кон-

кретных результатов к научному обобщению. По его мнению, опыт является не только источником, но и критерием познания. Будучи приверженцем экспериментального метода исследования, он изучал падение тел, траекторию полета снарядов, коэффициенты трения, сопротивления материалов и т.д. В ходе своих исследований да Винчи заложил фундамент экспериментального естествознания. Например, занимаясь практической анатомией, он оставил зарисовки внутренних органов человека, снабженные описанием их функций. В итоге многолетних наблюдений он раскрыл явление гелиотропизма (изменения направления роста органов растения в зависимости от источника света) и объяснил причины появления жилок на листьях. Леонардо да Винчи считается первым исследователем, который обозначил проблему связи между живыми существами и окружающей их природной средой.

Глобальная научная революция XVI—XVII вв.

В XVI—XVII вв. натурфилософское и схоластическое познание природы превратилось в современное естествознание, систематическое научное познание на базе экспериментов и математического изложения. В этот период в Европе сформировалось новое мировоззрение и начался новый этап в развитии науки, связанный с первой глобальной естественнонаучной революцией. Ее отправной точкой стал выход в 1543 г. знаменитой книги Николая Коперника «О вращении небесных сфер». С этого момента начался переход от геоцентрической к гелиоцентрической модели Вселенной.

В схеме Коперника Вселенная по-прежнему оставалась сферой, хотя размеры ее резко возрасли (только так можно было объяснить видимую неподвижность звезд). В центре Космоса находилось Солнце, вокруг которого вращались все известные к тому времени планеты, в том числе Земля со своим спутником Луной. Новая модель мира сразу объяснила многие непонятные ранее эффекты, прежде всего, петлеобразные движения планет, которые согласно новым представлениям были обусловлены движением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Впервые нашла свое объяснение смена времен года.

Следующий шаг в становлении гелиоцентрической картины мира был сделан Джордано Бруно, который отверг представление о космосе как о замкнутой сфере, ограниченной сферой неподвижных звезд. Бруно впервые заявил о том, что звезды — это не светильники, созданные Богом для освещения ночного неба, а такие же солнца, как и наше, и вокруг них могут вращаться планеты, на которых, воз-

можно, живут люди. Таким образом, Бруно предложил набросок новой полицентрической картины мироздания, окончательно утвердившейся век спустя: Вселенная вечна во времени, бесконечна в пространстве, вокруг бесконечного числа звезд вращается множество планет, населенных разумными существами.

Доказательство идей Коперника и Бруно стало одной из важнейших задач первой глобальной научной революции, которая началась с открытий Галилео Галилея. Его труды в области методологии научного познания предопределили облик классической, а во многом и современной науки. Он придал естествознанию экспериментальный и математический характер, сформулировал гипотетико-дедуктивную модель научного познания. Но особое значение для развития естествознания имеют работы Галилея в области астрономии и физики. В 1608 г. была изобретена зрительная труба, Галилей усовершенствовал ее и превратил в телескоп с 30-кратным увеличением. С его помощью он совершил целый ряд выдающихся астрономических открытий. Среди них — горы на Луне, пятна на Солнце, фазы Венеры, четыре крупнейших спутника Юпитера. Он же первый увидел, что Млечный Путь представляет собой скопление огромного множества звезд. Все эти факты доказывали, что небесные тела — это не эфирные создания, а вполне материальные предметы и явления.

Галилей впервые проверил многие утверждения Аристотеля опытным путем, заложив тем самым основы нового раздела физики — динамики, науки о движении тел под действием приложенных сил. Именно Галилей сформулировал понятия физического закона, скорости, ускорения. Но величайшими открытиями ученого стали идея инерции и классический принцип относительности.

В ходе дальнейшего развития естествознания Иоганн Кеплер установил истинные орбиты движения планет. В своих трех законах он показал, что планеты движутся по эллиптическим орбитам, причем их движение происходит неравномерно.

Огромную роль в развитии науки сыграли исследования Рене Декарта по физике, космологии, биологии, математике. Учение Декарта представляет собой единую естественнонаучную и философскую систему, основывающуюся на постулатах о существовании непрерывной материи, заполняющей все пространство, и ее механическом движении. Ученый поставил задачу, исходя из установленных им принципов устройства мира и представлений о материи, пользуясь лишь «вечными истинами» математики, объяснить все известные и неиз-

вестные явления природы. Решая эту задачу, он возродил идеи античного атомизма и построил грандиозную картину Вселенной, охватив в ней все элементы природного мира: от небесных светил до физиологии животных и человека. При этом свою модель природы Декарт строил только на основе механики, которая в то время достигла наибольших успехов. Представление о природе как о сложном механизме, которое Декарт развил в своем учении, сформировалось позднее в самостоятельное направление развития физики, получившее название *картезианства*. Декартовское (картезианское) естествознание закладывало основы механического понимания природы, процессы которой рассматривались как движения тел по геометрически описываемым траекториям.

Завершили первую глобальную естественнонаучную революцию работы Исаака Ньютона. Ньютонская физика стала вершиной развития взглядов в понимании мира природы в классической науке. Ньютон обосновал физико-математическое понимание природы, ставшее основой для всего последующего развития естествознания и формирования классического естествознания. В ходе своих исследований Ньютон создал методы дифференциального и интегрального исчисления для решения проблем механики. Благодаря этому ему удалось сформулировать основные законы динамики и закон всемирного тяготения. Механика Ньютона основана на понятиях количества материи (массы тела), количества движения, силы и трех законов движения: закона инерции, закона пропорциональности силы и ускорения и закона равенства действия и противодействия.

Хотя Ньютон громко провозгласил: «Гипотез не измышляю!», тем не менее, некоторое количество гипотез было им предложено и они сыграли очень важную роль в развитии естествознания. Эти гипотезы были связаны с дальнейшей разработкой идеи всемирного тяготения, которое оставалось достаточно загадочным и непонятным.

Пытаясь решить эту проблему, Ньютон предложил подтверждавшийся, как тогда казалось, бесчисленным количеством фактов принцип дальнего действия — мгновенное действие тел друг на друга на любом расстоянии без каких-либо посредствующих звеньев, через пустоту. Принцип дальнего действия невозможен без привлечения понятий абсолютного пространства и абсолютного времени, также предложенных Ньютоном. Концепция дальнего действия господствовала в науке до середины XIX в., концепция абсолютного пространства и времени — до начала XX в.

Работы Ньютона завершили первую глобальную научную революцию, сформировав классическую полицентрическую научную картину мира и заложив фундамент классической науки Нового времени.

Классическое естествознание Нового времени

Закономерно, что на основе отмеченных достижений дальнейшее развитие естествознания приобретало все больший масштаб и глубину. Идут процессы дифференциации научного знания. Тем не менее, естествознание этого времени развивалось в рамках классической науки, имеющей свои специфические черты, которые наложили неизгладимый отпечаток на работу ученых и ее результаты.

Важнейшей характеристикой классической науки является механистичность — представление мира в качестве машины, гигантского механизма, четко функционирующего на основе вечных и неизменных законов механики. Механика была эталоном любой науки и рассматривалась как универсальный метод изучения окружающих явлений. Это выражалось в стремлении свести любые процессы в мире (не только физические и химические, но и биологические и социальные процессы) к простым механическим перемещениям. Такое сведение высшего к низшему, объяснение сложного через более простое называется *редукционизмом*.

Следствиями механистичности стало преобладание количественных методов анализа природы, стремление разложить изучаемый процесс или явление до его мельчайших составляющих, доходя до конечного предела делимости материи. Из картины мира полностью исключалась случайность, ученые стремились к полному завершению знанию о мире — абсолютной истине.

Еще одной чертой классической науки была метафизичность — рассмотрение природы как из века в век неизменного, всегда тождественного самому себе неразвивающегося целого. Каждый предмет или явление рассматривался отдельно от других, игнорировались его связи с другими объектами, а изменения, которые происходили с этими предметами и явлениями, были лишь количественными. Так возникла сильная антиэволюционистская установка классической науки.

Эти черты классической науки наиболее отчетливо проявились в естествознании XVIII в., когда было создано множество теорий, почти забытых современной наукой. Отчетливо проявлялась редукционистская тенденция, стремление свести все разделы физики, химии и биологии к методам и подходам механики. Стремясь дойти до конечного предела делимости материи, ученые XVIII в. создают «учения

о невесомых» электрической и магнитной жидкостях, теплороде, флогистоне как особых веществах, обеспечивающих у тел электрические, магнитные и тепловые свойства, а также способность к горению, соответственно. Среди наиболее значимых достижений естествознания XVIII в. следует отметить развитие атомно-молекулярных представлений о строении вещества и формирование основ экспериментальной науки об электричестве.

С середины XVIII в. естествознание стало все более проникаться идеями эволюционного развития природы. Значительную роль в этом сыграли труды М.В. Ломоносова, И. Канта, П.С. Лапласа, в которых развивалась гипотеза естественного происхождения Солнечной системы. Влияние идей всеобщей связи и развития, разрушающих метафизичность классической науки, стало еще заметнее в XIX в. Классическая наука, оставаясь в целом метафизической и механистической, готовила постепенное крушение механической картины мира.

Если в XVII и XVIII вв. развитие естествознания сосуществовало с религией, и Бог присутствовал в картинах мира в качестве начального Творца, то развитие естествознания в XIX и XX вв. сопровождалось окончательным разрывом науки с религией, развитием технических наук, обеспечившим быстрый прогресс западных цивилизаций.

Революционными открытиями естествознания стали принципы неевклидовой геометрии К.Ф. Гаусса, концепция энтропии и второй закон термодинамики Р.Ю.Э. Клаузиуса, периодический закон химических элементов Д.И. Менделеева, теория естественного отбора Ч. Дарвина и А. Р. Уоллеса, теория генетической наследственности Г.И. Менделя, электромагнитная теория Дж. Максвелла.

Эти и многие другие не названные нами открытия XIX в. подняли естествознание на качественно новую ступень, превратили его в дисциплинарно организованную науку. Из науки, собиравшей факты и изучавшей законченные, завершенные, отдельные предметы, естествознание в XIX в. превратилось в систематизированную науку о предметах и процессах, их происхождении и развитии. Это произошло в ходе комплексной научной революции середины XIX в. Но все эти открытия оставались в рамках методологических установок классической науки. Механистические и метафизические черты классической науки были лишь поколеблены, но не отброшены. В силу этого наука XIX в. несла в себе зерна будущего кризиса, разрешить который должна была вторая глобальная научная революция конца XIX — начала XX в.

Глобальная научная революция конца XIX — начала XX в.

Глобальная научная революция начинается с целого ряда замечательных открытий, разрушивших всю классическую научную картину мира. В 1888 г. Г. Герц открыл электромагнитные волны, блестяще подтвердив предсказание Дж. Максвелла. В 1895 г. В. Рентген обнаружил лучи, получившие позднее название рентгеновских, которые представляли собой коротковолновое электромагнитное излучение. Изучение природы этих загадочных лучей, способных проникать через светонепроницаемые тела, привело Дж. Дж. Томсона к открытию первой элементарной частицы — электрона.

Важнейшим открытием 1896 г. стало обнаружение радиоактивности А. Беккерелем. Э. Резерфорд в своих опытах показал неоднородность радиоактивного излучения, состоявшего из **α**, **β**, **γ** лучей. Позже, в 1911 г. он смог построить планетарную модель атома.

К великим открытиям конца XIX в. также следует отнести работы А.Г. Столетова по изучению фотоэффекта, П.Н. Лебедева о давлении света. В 1901 г. М. Планк, пытаясь решить проблемы классической теории излучения нагретых тел, предположил, что энергия излучается малыми порциями — квантами, причем энергия каждого кванта пропорциональна частоте испускаемого излучения.

Все эти открытия буквально за несколько лет разрушили то стройное здание классической науки, которое еще в начале 80-х гг.

XIX в. казалось практически законченным. Это привело к кризису физики и всего естествознания, а кроме того, стало симптомом более глубокого кризиса и всей классической науки.

В лучшую сторону ситуация начала меняться только в 20-е гг. XX в. с наступлением *второго этапа* научной революции. Он связан с созданием квантовой механики и сочетанием ее с теорией относительности, созданной в 1906—1916 гг. Тогда начала складываться новая квантово-релятивистская картина мира, в которой открытия, приведшие к кризису в физике, были объяснены.

Началом *третьего этапа* научной революции было овладение атомной энергией в 40-е гг. XX в. и последующие исследования, с которыми связано зарождение электронно-вычислительных машин и кибернетики. Также в этот период физика передает эстафету химии, биологии и циклу наук о Земле, начинающих создавать свои собственные научные картины мира. Следует также отметить, что с середины XX в. наука окончательно слилась с техникой, что, в свою очередь, привело к современной научно-технической революции.

Главным концептуальным изменением естествознания XX в. был отказ от ньютоновской модели получения научного знания через эксперимент к объяснению. А. Эйнштейн предложил иную модель, в которой гипотеза и отказ от здравого смысла как способа проверки высказывания, становились первичными в объяснении явлений природы, а эксперимент — вторичным. Развитие эйнштейновского подхода приводит к отрицанию ньютоновской космологии и формирует новую картину мира, в которой логика и здравый смысл перестают действовать.

Закладываются основные положения современной квантово-релятивистской научной картины мира, которая становится главным итогом второй глобальной научной революции. С ней связано создание современной (неклассической) науки, которая по всем своим параметрам отличается от науки классической.

Основные черты современного естествознания как науки

Сегодня мир признается совокупностью разноуровневых систем, находящихся в состоянии иерархической соподчиненности. При этом на каждом уровне организации материи действуют свои закономерности. Аналитическая деятельность, являвшаяся основной в классической науке, уступает место синтетическим тенденциям, системно-целостному рассмотрению предметов и явлений объективного мира. Уверенность в существовании конечного предела делимости материи, стремление найти конечную материальную первооснову мира сменились убеждением в принципиальной невозможности этого и представлениями о неисчерпаемости материи вглубь. Считается невозможным получение абсолютной истины. Истина считается относительной, существующей во множестве теорий, каждая из которых изучает свой срез реальности.

Если классическая наука не видела качественной специфики Жизни и Разума во Вселенной, то современная наука доказывает их неслучайность появления в мире. Это на новом уровне возвращает нас к проблеме цели и смысла Вселенной, говорит о запланированном появлении разума, который полностью проявит себя в будущем.

Названные выше черты современной науки нашли свое воплощение в новых теориях и концепциях, появившихся во всех областях естествознания. Среди важнейших открытий XX в. — теория относительности, квантовая механика, ядерная физика, теория физического взаимодействия; новая космология, основанная на теории Большого взрыва; эволюционная химия, стремящаяся к овладению

опытом живой природы; генетика, расшифровка генетического кода и др. Но подлинным триумфом неклассической науки, бесспорно, стали кибернетика, воплотившая идеи системного подхода, а также синергетика и неравновесная термодинамика, основанные на методе глобального эволюционизма.

Ускорение научно-технического прогресса, связанное с возрастанием темпов общественного развития, привело к тому, что потенциал современной науки, заложенный в ходе второй глобальной научной революции, во многом оказался исчерпанным. Поэтому современная наука снова переживает состояние кризиса, являющегося симптомом новой глобальной научной революции.

Начиная со второй половины XX в. исследователи фиксируют вступление естествознания в новый этап развития — *постнеклассический*, который характеризуется целым рядом фундаментальных принципов и форм организации. В качестве таких принципов выделяют чаще всего эволюционизм, космизм, экологизм, антропный принцип, холизм и гуманизм. Эти принципы ориентируют современное естествознание не столько на поиски абстрактной истины, сколько на полезность для общества и каждого человека. Главным показателем при этом становится не экономическая целесообразность, а улучшение среды обитания людей, рост их материального и духовного благосостояния. Естествознание таким образом реально поворачивается лицом к человеку, преодолевая извечный нигилизм по отношению к злободневным потребностям людей.

Современное естествознание имеет преимущественно *проблемную, междисциплинарную* направленность вместо доминировавшей ранее узкодисциплинарной ориентированности естественно-научных исследований. Характерно, что ведущим элементом нарастающей интеграции становятся науки гуманитарные.

Анализ особенностей современного естествознания позволяет отметить такую его принципиальную особенность, как *невозможность свободного экспериментирования с основными объектами*. Иными словами, реальный естественно-научный эксперимент оказывается опасным для жизни и здоровья людей. Дело в том, что пробуждаемые современной наукой и техникой мощные природные силы при неумелом обращении с ними способны привести к тяжелейшим локальным, региональным и даже глобальным кризисам и катастрофам.

Исследователи науки отмечают, что современное естествознание *органически сростается с производством*, техникой и бытом людей, превращаясь в важнейший фактор прогресса всей нашей цивилизации. Оно

уже не ограничивается исследованиями отдельных кабинетных ученых, а включает в свою орбиту комплексные коллективы исследователей самых разных научных направлений. В процессе своей исследовательской деятельности представители различных естественных дисциплин все более отчетливо начинают осознавать тот факт, что Вселенная представляет собой системную целостность с недостаточно понятными законами развития и глобальными парадоксами, в которой жизнь каждого человека связана с космическими закономерностями и ритмами. Универсальная связь процессов и явлений во Вселенной требует комплексного, адекватного их природе изучения и, в частности, глобального моделирования на основе метода системного анализа. В соответствии с этими задачами в современном естествознании все более широкое применение получают методы системной динамики, синергетики, теории игр, программно-целевого управления, на основе которых составляются прогнозы развития сложных природных процессов.

Современные представления о глобальном эволюционизме и синергетике позволяют описать развитие природы как последовательную смену рождающихся из хаоса структур, временно обретающих стабильность, а затем вновь стремящихся к хаотическим состояниям. Кроме того, многие природные комплексы предстают как сложноорганизованные, многофункциональные, открытые, неравновесные системы, развитие которых носит малопредсказуемый характер. В этих условиях дальнейшая эволюция сложных природных объектов оказывается принципиально непредсказуемой и сопряжена со многими случайными факторами, могущими стать основаниями для новых форм эволюции.

Все перечисленные изменения протекают в рамках продолжающейся в настоящее время очередной глобальной научной революции, которая завершится, скорее всего, к середине XXI в. Конечно, сейчас нам сложно себе представить облик будущей науки. Очевидно, что она будет отличаться как от классической, так и от современной (неклассической) науки. Однако некоторые перечисленные выше черты науки будущего просматриваются уже сейчас.

Вопросы для самоконтроля

1. Что является предметом изучения концепций современного естествознания?
2. В чем отличие предмета и цели исследования в естественнонаучной и гуманитарной культурах?
3. В каких отношениях находятся естественнонаучная и гуманитарная культуры?

4. Что такое наука? Каковы ее основные критерии?
5. Чем отличается наука от философии?
6. Какой основной критерий научности естествознания?
7. Какие специфические черты науки наиболее характерны для естествознания как интегративной науки о природе и человеке?
8. По какому формальному признаку можно разделить естественнонаучные проблемы на фундаментальные и прикладные?
9. Какова структура естественнонаучного познания?
10. Как определяется достоверность научных знаний?
11. Что такое научная теория? Какова ее структура?
12. Каковы уровни научного познания?
13. В чем заключается единство эмпирического и теоретического знаний?
14. Какие методы науки вы знаете? Что такое научный метод познания?
15. Почему научная истина не может быть вечной?
16. Почему произошла сначала дифференциация научных знаний, а потом их интеграция? Какова значимость этих процессов для развития естествознания?
17. Почему математику называют «царицей наук»? Можно ли физику назвать «царицей естествознания»?
18. Каково содержание концепции научных революций? Как называются глобальные естественнонаучные революции?
19. В чем ценность натурфилософии и какие идеи древних мыслителей подтверждаются в современном естествознании?
20. В чем суть гелиоцентрической модели Коперника?

ЛЕКЦИЯ 2

Научная картина мира и научные революции в истории естествознания

План

1. Научная картина мира и ее историческая динамика.
2. Исторические типы научной картины мира.
3. Научные революции в истории естествознания.

1. Научная картина мира и ее историческая динамика

В культуре техногенной цивилизации наука выступает одним из определяющих факторов формирования мировоззренческих установок, определяющих отношение человека к природному миру,

другому человеку, социуму в целом. Она формирует определенную картину мира, представляя мир в качестве системы объектов, которые развиваются по своим собственным законам.

Философско-методологическая рефлексия над наукой не только углубляет знание об уже выявленных компонентах и характеристиках научного исследования, но обнаруживает новые компоненты и новые характеристики. Их фиксация приводит к обогащению концептуальных средств методологического анализа, появлению в составе этих средств новых понятий. В частности, исследование механизмов формирования теорий и эмпирических фактов с учетом процесса дифференциации и интеграции научных знаний обнаружило особые формы систематизации знаний, обеспечивающие синтез различных теорий и фактов. Понятия «теория» уже оказалось недостаточно, чтобы выяснить особенности и функции таких форм систематизации. Для этих целей в состав методологических средств науки введено понятие — «картина мира».

Научная картина мира может быть рассмотрена как такая форма теоретического знания, которая репрезентирует предмет исследования соответственно определенному историческому этапу развития науки, форма, посредством которой интегрируются и систематизируются конкретные знания, полученные в различных областях научного поиска.

Поскольку существуют различные уровни систематизации знания, различают три ее основных типа. Соответственно можно указать на три основных значения, в которых применяется понятие «научная картина мира» при характеристике процессов структуры и динамики науки. Во-первых, оно обозначает особый горизонт систематизации знаний, полученных в различных науках. В этом значении говорят об общей научной картине мира, которая выступает как целостный образ мира, включающий представления и о природе, и об обществе. Во-вторых, термин «научная картина мира» применяется для обозначения системы представлений о природе, складывающихся в результате синтеза достижений естественнонаучных дисциплин. Аналогичным образом это понятие может обозначать совокупность знаний, полученных в гуманитарных и общественных науках; в-третьих, им обозначается горизонт систематизации знаний в отдельной науке, фиксируя целостное видение предмета данной науки, которое складывается на определенном этапе ее истории и меняется при переходе от одного этапа к другому.

Соответственно указанным значениям понятие «научная картина мира» расщепляется на ряд взаимосвязанных понятий, каждое из которых обозначает особый тип научной картины мира как особый уровень систематизации научных знаний — «общенаучную», «естественнонаучную» и «социально-научную», «специальную научную» картины мира.

В последнем случае термин «мир» используется не в широком смысле, когда речь может идти о мире в целом, а в особом, узком смысле, как мире отдельной науки («физическом мире», «биологическом мире» и т.д.). В этой связи для обозначения дисциплинарных онтологий (специальных картин мира) в нашей литературе используется понятие «картина исследуемой реальности».

Обозначенные типы научных картин мира в реальном развивающемся процессе научного познания существуют не изолированно друг от друга, а в неразрывной связи между собой. Эта связь может быть обнаружена при рассмотрении исторической динамики научной картины мира.

2. Исторические типы научной картины мира

Наука представляет собой развивающуюся систему и в соответствии с тремя состояниями науки — классической, неклассической и постнеклассической можно выделить соответствующие этапы в историческом развитии научной картины мира.

Первый этап связан со становлением в культуре Нового времени механической картины мира, выступавшей одновременно и как общенаучная и как естественнонаучная. Ее единство задавалось через систему принципов механики, которые транслировались в соседние отрасли знания и выступали в них в качестве объясняющих положений.

Так, применение этих принципов в химии нашло выражение в идеях атомистики Р. Бойля и Дж. Дальтона, в представлениях о «силах химического сродства» (К. Бертолле, А. Лавуазье, И. Рихтер и др.). В биологии эти идеи послужили начальным пунктом разработки концепции Ж.-Б. Ламарка. Примерами применения идей и положений механической картины мира в области социальных явлений могут служить выдвинутые А. Сен-Симоном и Ш. Фурье программы построения науки о человеке и обществе как социальной механики, в основе которой должны лежать законы, аналогичные закону всемирного тяготения.

Такой перенос принципов механической картины мира в другие сферы знания создавал убеждение в их универсальности, но по мере развития науки все чаще возникали ситуации, когда новые явления не получали адекватного объяснения в рамках механической парадигмы. В конечном счете это стимулировало становление представлений, отражающих специфику соответствующих предметных областей науки и вело к возникновению особых, несводимых к механической, картин исследуемой реальности. В результате в науке сформировались специфические исторические формы интеграции знаний — специальные научные картины мира, выполняющие функции дисциплинарной онтологии и выступающие в качестве исследовательской программы конкретной отрасли науки.

Формирование специальных картин мира знаменовало становление дисциплинарной организации науки. Ее предпосылками выступали наряду с внутринаучными факторами новые социокультурные и институциональные параметры науки (усиление связей науки с производством, возникновение новых типов научных обществ, появление новых способов трансляции знаний в культуре и воспроизводства субъекта научной деятельности).

Дифференциация научного знания привела вначале к возникновению естественнонаучных и технических дисциплин, а затем и социально-гуманитарных наук. В каждой из них исторически развивались соответствующие специальные научные картины мира, что порождало разнообразие исследовательских программ и стимулировало новые формы их взаимодействия. При этом отдельная наука уже не стремилась к построению общей картины мира, а выработывала внутри себя систему представлений о собственном предмете исследования (специальную картину мира).

Становление специальных картин мира в период оформления дисциплинарной организации науки можно рассмотреть в качестве второго этапа в историческом развитии научной картины мира.

Новый этап в динамике научной картины мира связан с возникновением постнеклассической науки, характеризующейся усилением процессов дисциплинарного синтеза знаний. Специфической особенностью развития науки конца XX столетия является то, что рост научного знания как бы стирает жесткие грани между отдельными науками.

В ситуации, когда происходит «размывание» границ между конкретными науками, осуществляется и своеобразное «размывание» границ специальных научных картин мира. Научная картина мира

начинает выступать как многослойное образование. С одной стороны, общенаучная картина мира предстает как некая целостность, в которой обязательно должны быть специальные научные картины мира, но с другой стороны, само существование специальных научных картин мира в качестве особых форм синтеза знания и их функционирование оказывается возможным только при условии универсального целого — общенаучной картины мира, поскольку любая специальная научная картина мира в себе самой содержит элементы общенаучной картины мира и иначе она уже не может существовать.

В настоящее время именно общенаучная картина мира целенаправляет междисциплинарные исследования сложных системных объектов, включающих человека, которые постепенно становятся основными предметами изучения в постнеклассической науке. Что же касается специальных научных картин мира, то они утрачивают прежнюю автономию и включаются в общенаучную картину мира в качестве ее фрагментов. Относительная изолированность специальных научных картин мира друг от друга, характерная для дисциплинарной науки, сменяется их интеграцией в общенаучную картину мира на этапе усиления междисциплинарного синтеза знаний.

Выделение трех этапов в динамике научной картины мира свидетельствует об исторической изменчивости ее типов. Специальные картины мира возникают на стадии дисциплинарной организации науки и в настоящее время они постепенно утрачивают свою самостоятельность, превращаясь во фрагменты общенаучной картины мира.

В современных условиях усиления взаимодействия наук возникает необходимость вычленения некоторой стержневой идеи, которая обеспечила бы синтез специальных научных картин мира в общенаучную. Такой идеей является идея развития целостного мира, нашедшая свое выражение в принципах глобального эволюционизма, который позволяет установить генетическую связь представлений о трех сферах бытия (неживой, живой природе и обществе).

Идея единства научной картины мира длительное время существовала как идеал, нежели реальность. Сейчас впервые появляется реальная возможность такого построения. На каких основаниях может быть построена современная картина мира? Редукционный подход к формированию единой научной картины мира путем сведения ее к механической явно не соответствуют реалиям сегодняшнего дня.

Целостная научная картина мира могла бы быть построенной на основе обнаружения принципов, учитывающих многообразие существующих картин исследуемой реальности и специфику каждой из них.

Современный этап функционирования науки характеризуется ярко выраженной тенденцией к замене механического видения мира эволюционной картиной мира, причем тенденция смены механической картины мира эволюционной наметилась как в рамках одной научной дисциплины, так и в междисциплинарных процессах. При этом внутродисциплинарная перестройка научной картины мира в сторону эволюции во многом осуществляется за счет междисциплинарного взаимодействия.

Представления об универсальности процесса эволюции реализуются в концепции глобального эволюционизма, которая включает совокупность знаний, полученных в рамках конкретных научных дисциплин, ряд философско-мировоззренческих установок и в этой связи она может быть отнесена к тому слою знания, который обозначается понятием «научная картина мира».

Универсальный эволюционизм выступает как своеобразное соединение идеи эволюции с идеями системного подхода. В этом отношении универсальный (глобальный) эволюционизм не только распространяет развитие на все сферы бытия (устанавливая универсальную связь между неживой, живой и социальной материей), но преодолевает ограниченность феноменологического описания развития, связывая такое описание с идеями и методами системного анализа.

Рассмотрение идей глобального эволюционизма как основополагающих принципов построения современной картины мира может быть обосновано на уровне конкретных научных данных.

3. Научные революции в истории естествознания

Развитие естествознания не является процессом простого количественного накопления знаний об окружающем природном мире. Процесс простого накопления знаний был присущ для натурфилософии античности и преднауки средневековья. С XVI века характер научного прогресса меняется. В развитии науки появляются переломные этапы, кризисы, выход на качественно новый уровень знаний, радикально меняющий прежнее видение мира. Эти переломные этапы в развитии научного знания получили название *научных*

революций. Как правило, революция в науке — это не кратковременное событие, так как коренные изменения в научных знаниях требуют определенного времени. Поэтому в любой научной революции можно выделить некоторый более или менее длительный исторический период, в течение которого и происходят революционные изменения в науке.

Решающие этапы в развитии фундаментальных наук можно разделить по результатам и степени влияния на развитие науки в целом, на глобальные научные революции и на микрореволюции в отдельных науках. Эти микрореволюции означают создание новых теорий в той или иной области науки, которые меняют представления о сравнительно узком круге явлений, но не оказывают решающего влияния на существующую картину мира, не требуют коренного изменения способа научного мышления.

Глобальная научная революция приводит к формированию совершенно нового видения мира, вызывает появление принципиально новых представлений о его структуре и функционировании, а также влечет за собой новые способы, методы его познания. Глобальная научная революция может первоначально происходить в одной из фундаментальных наук (или даже формировать эту науку), превращая ее затем на определенный исторический период в лидера науки. Происходит распространение ее новых представлений, принципов, методов, которые возникли в ходе революции, на другие области знания и на миропонимание в целом.

Процесс становления современного естествознания начался с первых двух глобальных научных революций, происходивших в XVI–XVII вв. и создавших принципиально новое (по сравнению с античностью и средневековьем) понимание мира.

Первая научная революция произошла в эпоху, оставившую глубокий след в культурной истории человечества. Это был период конца XVI–XVII вв., ознаменовавший переход от Средневековья к Новому времени и получивший название эпохи Возрождения, которая характеризовалась обращением к истокам культурных ценностей античности, расцветом искусства, утверждением идей гуманизма. Эпоха Возрождения отличалась существенным прогрессом науки и радикальным изменением миропонимания. Николай Коперник (1473–1543) создал новую гелиоцентрическую систему мира, что явилось первой в истории человечества научной революци-

ей. Гелиоцентрическая система мира, предложенная Н. Коперником, не сводилась только к перестановке предполагаемого центра Вселенной. Включив Землю в число небесных тел, которым свойственно круговое движение, Коперник высказал очень важную мысль о движении как естественном свойстве небесных и земных объектов, подчиненном некоторым общим закономерностям единой механики.

Нельзя не отметить развитие научной мысли в эпоху Нового времени (XVII–XIX вв.). XVII век ознаменовал рождение современной науки, у истоков которой стояли такие выдающиеся ученые, как Г. Галилей, И. Кеплер, И. Ньютон. В Новое время в западной культуре отношение человека к природе превратилось из созерцательного в практическое. Природа уже интересовала человека как некая данность, он задавался вопросом, что с ней можно сделать. Это дало возможность естествознанию соединиться с техникой в единое целое.

Поистине революционное событие произошло в физике в середине XIX в.: английский химик и физик Майкл Фарадей (1791–1867) создал учение об электромагнитном поле. Ему удалось показать опытным путем, что между магнетизмом и электричеством существует прямая динамическая связь. Тем самым он впервые объединил электричество и магнетизм, признал их одной и той же силой природы. В результате в естествознании начало утверждаться понимание того, что кроме вещества, в природе существует еще и поле. Математическую разработку идей М. Фарадея предпринял выдающийся английский ученый Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879) ... «Электромагнитное поле – это та часть пространства, которая содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом или магнитном состоянии». (Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952. С. 175). Комбинируя уравнения электромагнитного поля, Дж. Максвелл получает волновое уравнение, из которого следует существование электромагнитных волн, скорость распространения которых в воздухе равна скорости света. Существование таких электромагнитных волн экспериментально было подтверждено немецким физиком Генрихом Рудольфом Герцем (1857–1894) в 1886 г.

Для того чтобы объяснить взаимодействие электромагнитных волн с веществом, нидерландский физик Хендрик Антон Лоренц

(1853–1928) выдвинул гипотезу о существовании электрона, т.е. малой электрически заряженной частички, которая в громадных количествах присутствует во всех весомых телах. Эта гипотеза объяснила открытое в 1896 г. нидерландским физиком Питером Зеemannом (1865–1943) явление расщепления уровней энергии и спектральных линий атома и других атомных систем в магнитном поле. В 1897 г. английский физик Джозеф Джон Томсон (1856–1940) экспериментально подтвердил наличие мельчайшей отрицательно заряженной частицы, или электрона.

Работы в области электродинамизма положили начало крушению механистической картины мира. Оценивая этот качественный поворот в миропонимании, А. Эйнштейн и Л. Инфельд писали: «Во второй половине девятнадцатого столетия в физику были введены новые революционные идеи; они открыли путь к новому философскому взгляду, отличающемуся от механического. Результаты работ Фарадея, Максвелла и Герца привели к развитию современной физики, к созданию понятий, образующих новую картину действительности» (Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. С. 102).

В конце XIX в. большинство ученых склонялось к точке зрения, что физическая картина мира в основном построена и останется в дальнейшем неизменной. Однако наука XX века принесла немало революционных, сенсационных открытий, многие из которых совершенно не укладывались в представление обыденного человеческого опыта. Ярким примером этого может служить теория относительности, созданная мыслителем Альбертом Эйнштейном (1879–1955).

Для XX века характерно явление, которое принято называть научно-технической революцией. Этим понятием подчеркивается огромное значение науки и техники в нашей жизни. Связь между наукой и техникой, постоянно усиливающаяся, особенно в западной культуре, привела к созданию качественно новой системы, породившей принципиально новую ситуацию на нашей планете. Осознание этой реальности – процесс, который далек от своего завершения.

Современный этап научно-технического прогресса – эпоха НТР – это коренное преобразование производительных сил общества на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства и всей жизни общества. Наука превращается в непосредственную производительную силу, тесно переплетается

с техникой и производством (поэтому и называется не отдельно научная, техническая или промышленная, а научно-техническая революция). Это изменяет весь облик общественного производства, условия, характер и содержание труда, структуру производительных сил, оказывает воздействие на все стороны жизни.

В подготовке НТР, явившейся закономерным следствием научно-технического прогресса последних веков, большое значение имели все открытия – раскрытие сложной структуры атома, открытие явления радиоактивности, создание теории относительности, квантовой механики, генетики, кибернетики, широкое применение электричества, расщепление атомного ядра, развитие средств массовой информации и коммуникации, создание реактивной техники, механизация и автоматизация производства.

НТР создает предпосылки для возникновения единой системы важнейших сфер человеческой деятельности: теоретического познания закономерностей природы и общества, комплекса технических средств и опыта преобразования природы, процесса создания материальных благ и способов рациональной взаимосвязи практических действий в процессе производства.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое научная картина мира?
2. Какие основные смыслы вкладываются в понятие научная картина мира?
3. Какие основные этапы в развитии научной картины мира можно выделить?
4. В чем специфика механической картины мира?
5. Когда возникает дисциплинарная организация науки и специальные научные картины мира?
6. Почему принципы глобального эволюционизма рассматриваются в качестве стержневой идеи построения общенаучной картины мира на современном этапе функционирования науки?
7. Что такое научная революция?
8. В чем заключаются особенности научной революции XVII века?
9. Что такое НТР?
10. Что дает НТР современному человеку?

ЛЕКЦИЯ 3

Физическая картина мира

План

1. Физика и наглядность.
2. Квантовая механика.
3. Уровни организации неживой материи.
4. Физические взаимодействия.
5. Теория относительности А. Эйнштейна.

Что понимается под физической картиной мира? Под физической картиной мира мы будем понимать образ мира, складывающийся как в результате деятельности сообщества физиков, так и в результате логико-методологического и философского осмысления и критики этого образа.

Смысловыми блоками — этапами построения физической картины мира — являются: классическая физика, включающая механику, термодинамику, электродинамику, и неклассическая физика, включающая специальную и общую теорию относительности, квантовую механику, квантовую теорию поля, элементы построения единой теории поля.

В буквальном переводе с греческого слово «фюзис» означает «природа». Стало быть, физика — наука о природе. Физика — главная из естественных наук, поскольку она открывает истины о соотношении нескольких основных переменных, справедливые для всей Вселенной.

Как атомы — «кирпичики» мироздания, так законы физики — «кирпичики» познания. Кирпичиками познания законы физики являются потому, что в науке действует принцип редукционизма, согласно которому все законы развития сложных уровней реальности должны быть сводимы к законам более простых уровней. Физики утверждают, что ни одно тело во Вселенной не может не подчиняться закону всемирного тяготения, а если его поведение противоречит данному закону, значит, вмешиваются другие закономерности. Самолет не падает на землю, космический корабль преодолевает земное тяготение за счет применения реактивного двигателя, точного расчета при конструировании, использования специ-

альных видов топлива. Полет самолета или космического корабля не отрицает закона всемирного тяготения, а использует факторы, которые нейтрализуют его действие. Законы физики лежат в основе научного постижения действительности.

1. Физика и наглядность

Два обстоятельства мешают понять современную физику: применение сложнейшего математического аппарата, который надо предварительно изучить (А. Эйнштейн сделал попытку преодолеть эту трудность, написав произведение, в котором нет ни одной формулы); невозможность создать наглядную модель современных физических представлений (искривленное пространство; частицу, одновременно являющуюся волной и т.д.).

Прогресс физики (и науки в целом) связан с постепенным отказом от привычных представлений о непосредственной наглядности. Как будто такой вывод должен противоречить тому, что современная наука, и физика прежде всего, основывается на эксперименте, т.е. эмпирическом опыте, который проходит при контролируемых человеком условиях и может быть воспроизведен в любое время любое число раз. Но дело в том, что некоторые стороны реальности незаметны для поверхностного наблюдения и наглядность может ввести в заблуждение. Механика Аристотеля покоилась на принципе: «Движущееся тело останавливается, если сила прекращает свое действие на него». Он казался соответствующим реальности просто потому, что не замечалось, что причиной остановки тела является трение. Для того чтобы сделать правильный вывод, потребовался эксперимент, который был нереальным, невозможным в данном случае, а идеальным.

Такой эксперимент провел Г. Галилей, автор «Диалога о двух главнейших системах мира, птолемеевой и коперниковой» (1632). Для того чтобы данный мыслимый эксперимент стал возможным, потребовалось представление об идеально гладком теле и идеально гладкой поверхности, исключаяющей трение. Эксперимент Галилея, позволивший сделать вывод, что если ничто не будет влиять на движение тела, оно сможет продолжаться бесконечно долго, стал основой классической механики Ньютона. Благодаря мысленным экспериментам, стала возможной новая механическая картина мира. Труды Н. Коперника тоже являются примером отказа от непосредственной наглядности. Коперник наблюдал и размышлял о мироздании в течение 30 лет. Датский астроном Тихо Браге (1546–1601) ради спасения наглядности выдвинул в 1588 г. гипотезу, согласно которой вокруг Солнца вращаются все планеты за

исключением Земли, последняя неподвижна и вокруг нее обращаются Солнце с планетами и Луна. Но Иоганн Кеплер подтвердил научно справедливость учения Коперника. Прогресс науки Нового времени определили идеализированные представления, порывающие с непосредственной реальностью. Однако физика XX века заставляет отказаться не только от непосредственной наглядности, но и от наглядности как таковой. Это препятствует представлению физической реальности, но позволяет лучше осознать справедливость слов А. Эйнштейна: «Физические понятия суть свободные творения человеческого разума и не однозначно определяемы внешним миром...»

В нашем стремлении понять реальность мы отчасти подобны человеку, который хочет понять механизм закрытых часов. Он видит циферблат и движущиеся стрелки, даже слышит тиканье, но не имеет средств открыть их корпус. Если он остроумен, то он может нарисовать себе некую картину механизма, которая отвечала бы всему, что он наблюдает, но он никогда не может быть вполне уверен в том, что его картина единственная, которая могла бы объяснить его наблюдения (А. Эйнштейн, Л. Инфельд. Эволюция физики, 1965. С. 30).

Разные формы постижения одной и той же наглядности научных представлений является неизбежной платой за переход к исследованию более глубоких уровней реальности, не соответствующих эволюционно выработанным механизмам человеческого восприятия.

2. Квантовая механика

Квантовая механика — это физическая теория, устанавливающая способ описания и законы движения на микроуровне. Ее начало совпало с началом века. М. Планк в 1900 году предположил, что свет испускается неделимыми порциями энергии — квантами — и математически представил это в виде формулы $E = h \nu$, где ν — частота света, а h — универсальная постоянная, характеризующая меру дискретной порции энергии, которой обмениваются вещество и излучение. В атомную теорию вошли, таким образом, прерывистые физические величины, которые могут изменяться только скачками.

Последующее изучение явлений микромира привело к результатам, которые резко расходились с общепринятыми в классической физике и даже теории относительности представлениями. Классическая физика видела свою цель в описании объектов, существующих в пространстве, и в формулировке законов, управляющих их

изменениями во времени. Но для таких явлений, как радиоактивный распад, испускание спектральных линий, можно утверждать лишь, что имеется некоторая вероятность того, что индивидуальный объект таков и что он имеет такое-то свойство.

Для классической механики характерно описание частиц путем задания их положения и скоростей и зависимости этих величин от времени. В квантовой механике одинаковые частицы в одинаковых условиях могут вести себя по-разному. Законы квантовой механики — законы статистического характера. «Мы можем предсказать, сколько приблизительно атомов (радиоактивного вещества) распадутся в следующие полчаса, но мы не можем сказать ... почему именно эти отдельные атомы обречены на гибель» (А. Эйнштейн ... С. 232).

Статистические законы в классической механике применяются к большим совокупностям, а в квантовой механике статистический характер законов выступает и для каждой частицы в отдельности. Квантовая механика отказывается от поиска индивидуальных законов элементарных частиц и устанавливает статистические законы. На базе квантовой механики невозможно описать положение и скорость элементарной частицы или предсказать ее будущий путь. Волны вероятности говорят о вероятности встретить электрон в том или ином месте.

В. Гейзенберг делает такой вывод: «В экспериментах с атомными процессами мы имеем дело с вещами и фактами, которые столь же реальны, сколь реальны любые явления повседневной жизни. Но атомы или элементарные частицы реальны не в такой степени. Они образуют скорее мир тенденций или возможностей, чем мир вещей и фактов» (Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. С. 117).

В первой модели атома, построенной на основе экспериментального обнаружения квантования света, Н. Бор (1913) объяснил это явление тем, что излучение происходит при переходе электрона с одной орбиты на другую, при этом рождается квант света с энергией, равной разности энергий уровней, между которыми осуществляется переход. Так возникает линейчатый спектр — основная особенность атомных спектров (в спектрах оказываются лишь определенные длины волн).

Важная особенность явлений микромира заключается в том, что электрон ведет себя подобно частице, когда движется во внешнем электрическом или магнитном поле, и ведет себя как волна, когда дифрагирует, проходя сквозь кристалл. Поведение потока частиц — электронов, атомов, молекул — при встрече с препятствиями или

отверстиями атомных размеров подчиняется волновым законам: наблюдаются явления дифракции, интерференции, отражения, преломления и т.д. Луи де Бройль предположил, что электрон — это волна определенной длины.

Дифракция подтверждает волновую гипотезу, отсутствие увеличения энергии покоя выбиваемых светом частиц — квантовую. Это получило название корпускулярно-волнового дуализма. Как же описывать процессы в микромире, если «нет никаких шансов последовательно описать световые явления, выбрав только какую-либо одну из двух возможных теорий — волновую или квантовую» (А. Эйнштейн... С. 215)?

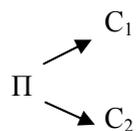
Некоторые эффекты объясняются волновой теорией, некоторые другие — квантовой. Поэтому следует использовать разные формулы и из волновой, и из квантовой теорий для более полного описания процессов — таков смысл принципа дополнительности Н. Бора. «Усилия Бора были направлены на то, чтобы сохранить за обоими наглядными представлениями, корпускулярным и волновым, одинаковое право на существование, причем он пытался показать, что хотя эти представления, возможно, исключают друг друга, однако они лишь вместе делают возможным полное описание процессов в атоме» (Гейзенберг В. ...С. 203).

С принципом дополнительности связано и так называемое соотношение неопределенностей, сформулированное в 1927 г. Вернером Гейзенбергом, в соответствии с которым в квантовой механике не существует состояний, в которых и местоположение, и количество движения (произведение массы на скорость) имели бы вполне определенное значение. Частица со строго определенным импульсом совершенно не локализована. Чем более определенным становится импульс, тем менее определено ее положение.

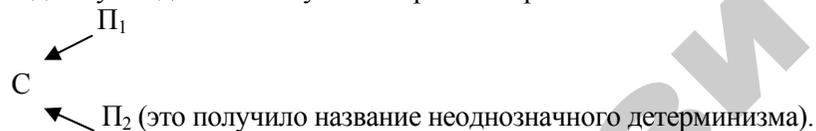
Соотношение неопределенностей гласит, что для абсолютно точной локализации микрочастицы необходимы бесконечно большие импульсы, что физически не может быть осуществлено. Более того, современная физика элементарных частиц показывает, что при очень сильных воздействиях на частицу она вообще не сохраняется, а происходит даже множественное рождение частиц.

В более общем плане можно сказать, что только часть относящихся к квантовой системе физических величин может иметь одновременно точные значения, остальные величины оказываются неопределенными. Поэтому ни в одной квантовой системе не могут одновременно равняться нулю все физические величины.

Энергию системы также можно измерить с точностью, не превышающей определенную величину. Причина этого — во взаимодействии системы с измерительным прибором, который препятствует точному измерению энергии. Из соотношения неопределенностей вытекает, что энергии возбужденных состояний атомов, молекул, ядер не могут быть строго определенными. На этом выводе и основана гипотеза происхождения Вселенной из «возбужденного вакуума». В соответствии с нею вакуум рассматривается как виртуальный (т.е. возможный, это понятие возникло в квантовой механике и в настоящее время стало очень модным) мир, в котором возможно спонтанное возникновение энергетического потенциала, преобразующегося затем в вещество. Следует обратить внимание на слово «спонтанное». Оно соответствует еще одному принципу, введенному в квантовой механике, — принципу индетерминизма. В классической науке господствовал принцип детерминизма (от «детерминация» — определение), в соответствии с которым каждое событие является следствием какой-либо причины. Невозможны события, не имеющие причины. Схематически это изображается так:



и к одному следствию могут вести разные причины:



Дальнейшее продвижение по этому пути приводит к принципу индетерминизма, т.е. к отрицанию того, что все события должны обязательно иметь какую-либо одну причину.

Значение эксперимента возросло в квантовой механике до такой степени, что, как пишет Гейзенберг, «наблюдение играет решающую роль в атомном событии и что реальность различается в зависимости от того, наблюдаем мы ее или нет» (Гейзенберг В... С. 24). Из данного обстоятельства, заключающегося в том, что сам

измерительный прибор влияет на результаты измерения и участвует в формировании изучаемого явления, следовало, во-первых, представление об особой «физической реальности», которой присущ данный феномен, а во-вторых, представление о субъект-объектном единстве как единстве измерительного прибора и изучаемой реальности. «Квантовая теория уже не допускает вполне объективного описания природы» (Там же, С. 61). Человек перешел на тот уровень исследования, где его влияние оказывается неустранимым в ходе эксперимента, и фиксируемым результатом является взаимодействие изучаемого объекта и измерительного прибора.

Итак, принципиально новыми моментами в исследовании микромира стали: 1) каждая элементарная частица обладает как корпускулярными, так и волновыми свойствами; 2) вещество может переходить в излучение (аннигиляция частицы и античастицы дает фотон, т.е. квант света); 3) можно предсказать место и импульс элементарной частицы только с определенной вероятностью; 4) прибор, исследующий реальность, влияет на нее.

Вслед за квантовой механикой появилась релятивистская квантовая механика, которая является сочетанием квантовой механики и теории относительности А. Эйнштейна. Ученые признали, что нельзя, во-первых, найти истину безотносительно от измерительного прибора; во-вторых, знать одновременно и положение, и скорость частиц; в-третьих, установить, имеем ли мы в микромире дело с частицами или волнами. Это и есть торжество относительности в физике XX века.

3. Уровни организации неживой материи

В химии элементом назвали субстанцию, которая не могла быть разложена или расщеплена какими угодно средствами, имевшимися в то время в распоряжении ученых: кипячением, сжиганием, растворением, смешиванием с другими веществами. Затем в физике появилось понятие атома, заимствованное у Демокрита (с греч. «неделимый»), которым была названа мельчайшая единица материи, входящая в состав химического элемента. Химический элемент состоит из одинаковых атомов.

Потом выяснилось, что сам атом состоит из элементарных частиц. В модели атома, предложенной Э. Резерфордом, электроны движутся вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца (планетарная модель атома). Установлено, что поперечник атома составляет 10^{-8} см, а ядра — 10^{-12} см. Масса протона больше

массы электрона примерно в 2000 раз. Превращение химических веществ друг в друга, о чем мечтали алхимики, возможно, но для этого нужно изменить атомное ядро, а это требует энергий, в миллионы раз превосходящих энергию химических процессов.

В XX веке открыто огромное количество элементарных частиц и выявлены закономерности их взаимодействия. Их можно разделить на несколько групп: адроны (из них состоят ядра), лептоны (электроны, нейтрино), фотоны (кванты света без массы покоя). Фотоны и нейтрино движутся со скоростью света.

Английский ученый П. Дирак предсказал существование античастиц с той же массой, что и частицы, но с зарядом противоположного знака. На ускорителях высоких энергий были получены позитроны (античастицы электронов) в 1932 г. и антипротоны в 1955 г. При столкновении частица и античастица аннигилируют с выделением фотонов — безмассовых частиц света (вещество переходит в излучение). В результате взаимодействия фотонов могут рождаться пары «частица — античастица». Вопрос о существовании галактик из антивещества остается открытым.

Изучают свойства атомов и элементарных частиц на гигантских ускорителях (первый построен в 1929 г. в Англии), в которых частицы двигаются по спирали. Современный ускоритель представляет собой установку в полкилометра в окружности и строятся все более мощные.

Открытие все большего количества элементарных частиц подтвердило взаимопревращение вещества и энергии (предсказанное, впрочем, Анаксимандром), так что материя, которая прежде отождествлялась с веществом, все больше начала походить на материю, как «потенцию» (по Аристотелю), которая нуждается в форме, чтобы стать вещественной реальностью.

Понятия «химический элемент» и «элементарная частица» свидетельствуют о том, что и то, и другое когда-то предполагалось простым и бесструктурным. Затем ученые перестали употреблять для каждого нового уровня одно и то же слово «элемент» (неделимый) и для следующего уровня взяли ничего конкретно не значащее слово из художественного произведения — «кварк». Все кажется элементарным, пока не обнаружишь его составные части. Будет ли конец возможности расщепления — определит прогресс научного знания.

Теоретические предсказанные кварки, главной особенностью которых является дробный заряд, были затем экспериментально

найжены. В 1994 г. обнаружен последний из шести разновидностей, самый тяжелый кварк.

4. Физические взаимодействия

Известны четыре основных физических взаимодействия, которые определяют структуру нашего мира: сильные, слабые, электромагнитные и гравитационные.

1. Сильные взаимодействия происходят между адронными (от греч. «адро» — сильный), к которым относятся барионы (от греч. «барис» — тяжелый) — это нуклоны (протоны и нейтроны) и гипероны, и мезоны. Сильные взаимодействия возможны только на малых расстояниях (радиус примерно 10^{-13} см).

Одно из сильных взаимодействий — ядерные силы. Сильные взаимодействия открыты Э. Резерфордом в 1911 г. одновременно сооткрытием атомного ядра (этими силами объясняется рассеяние α -частиц, проходящих через вещество).

2. Электромагнитное взаимодействие в 100 – 1000 раз слабее сильного взаимодействия. При нем происходит испускание и поглощение «частиц света» — фотонов.

3. Слабые взаимодействия исследуются в ядерной физике. Оно отвечает за возможность преобразования одних элементарных частиц в другие, обеспечивает всю асимметрию, которая присутствует в мире. Слабое взаимодействие слабее электромагнитного, но сильнее гравитационного. За счет слабого взаимодействия светит Солнце (протон превращается в нейтрон, позитрон — в нейтрино). Испускаемое нейтрино обладает огромной проникающей способностью — оно проходит через железную плиту толщиной миллиард км. При слабых взаимодействиях меняется заряд частиц.

4. Гравитационное взаимодействие во много раз слабее электромагнитного. Это взаимодействие материальных объектов, которые обладают массой. Гравитационное взаимодействие господствует в астрономических масштабах.

5. Теория относительности

Неотъемлемой частью современной физики являются релятивистские взгляды, которые нашли отражение в теории относительности А. Эйнштейна (1905). Теория относительности изучает пространственно-временные закономерности, присущие всем физическим процессам, она состоит из общей теории относительности (ОТО) и специальной теории относительности (СТО).

ОТО — это теория тяготения, она описывает свойства пространства и времени в некоторой области, определяемые действующими в ней полями тяготения. СТО — это физика пространства-времени, которая описывается с такой точностью, чтобы пренебречь гравитацией. Математически ОТО отличается от СТО тем, что моделирует гравитацию кривизной пространства-времени с помощью специальной величины — тензора кривизны.

Важными в теории относительности являются понятия «инерциальная система отсчета» — система отсчета, в которой выполняется первый закон Ньютона, «инерциальная система» — движущаяся с ускорением относительно «инерциальной»; «сигнал» — передача энергии и импульса на некоторые расстояния; «событие» — все то, что характеризуется временем, когда оно произошло, и местом, где оно произошло.

Принципы СТО.

Принцип относительности: никакими физическими экспериментами невозможно обнаружить движение одной инерциальной системы отсчета относительно другой, если эксперименты одинаковы и проводятся в одинаковых начальных условиях. Например, если вы находитесь в трюме корабля, в который не проникают никакие звуки, то вы не можете точно сказать, плывет корабль или покоится. Имеется в виду, что если корабль движется без ускорения, то результаты всех ваших опытов будут одинаковы вне зависимости от скорости.

Принцип постоянства скорости света: скорость света не зависит от движения источника света, она постоянна в вакууме. Иногда говорят так: свет не может обогнать свет. Почему в вакууме? Потому что в других средах скорость света меньше и может зависеть от структуры вещества.

Свое подтверждение теория относительности находит в так называемых *релятивистских эффектах* — сокращении длин, замедлении времени, релятивистском сложении скоростей.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под физической картиной мира?
2. Всегда ли то, что мы видим воочию, соответствует истине?
3. Что такое квантовая механика и почему она так называется?
4. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
5. Что такое вакуум и что значит возбужденный вакуум?
6. Что такое принцип дополнительности?

7. Что такое античастица?
8. В чем специфика отношения прибор – объект в квантовой механике?
9. Сколько существует физических взаимодействий и как они называются?
10. Что изучает теория относительности и чем отличается ОТО от СТО?
11. Как формулируются основные принципы СТО?

ЛЕКЦИЯ 4

Космологические концепции происхождения и развития Вселенной

План

1. Предмет космологии.
2. Теория Большого взрыва и расширяющейся Вселенной.
3. Строение и эволюция звездных систем.
4. Антропный принцип в космологии.

1. Предмет космологии

Во все времена люди хотели знать, как возник наш мир. Когда в культуре господствовали мифологические представления, происхождение мира объяснялось актом творения, в результате которого образовывался космос, отделившийся от хаоса и включавший в себя то, что человек может воспринимать и включать в свою деятельность. Происхождение космоса могло быть связано с распадом тела первочеловека. К примеру, Пуруши — в древнеиндийской мифологии. Победа христианства утвердила представления о сотворении Богом мира из ничего.

С появлением науки в ее современном понимании на смену мифологическим и религиозным приходят научные представления о происхождении Вселенной. Следует разделять три близких термина: бытие, универсум и Вселенная. Первый является философским и обозначает все существующее, бытующее. Второй употребляется и в философии, и в науке, не имея специфической философской нагрузки (в плане противопоставления бытия и сознания), и обозначает все как таковое.

Значение термина Вселенная уже приобрело специфически научное звучание. Вселенная — место вселения человека, доступное эмпирическому наблюдению. Постепенное сужение научного значения термина Вселенная вполне понятно, так как естествознание в отличие от философии имеет дело только с тем, что эмпирически проверяемо современными научными методами.

Вселенную в целом изучает космология, т.е. наука о космосе. Слово это тоже не случайно. Хотя сейчас космосом называют все, находящееся за пределами атмосферы Земли, не так было в Древней Греции. Космос тогда принимался как «порядок», «гармония», в противоположность хаосу — «беспорядку». Таким образом, космология в основе своей, как и подобает науке, открывает упорядоченность нашего мира и нацелена на поиск законов его функционирования. Открытие этих законов и представляет собой цель изучения Вселенной как единого упорядоченного целого.

Это изучение зиждется на нескольких предпосылках. Во-первых, формулируемые физикой универсальные законы функционирования мира считаются действующими во всей Вселенной. Во-вторых, производимые астрономами наблюдения тоже признаются распространяющимися на всю Вселенную. И, в-третьих, истинными признаются только те выводы, которые не противоречат возможности существования самого наблюдателя, т.е. человека (так называемый антропный принцип).

Выводы космологии называются моделями происхождения и развития Вселенной. Почему моделями? Дело в том, что одним из основных принципов современного естествознания является представление о возможности проведения в любое время управляемого и воспроизводимого эксперимента над изучаемым объектом. Только если можно провести бесконечное в принципе количество экспериментов и все они приводят к одному результату, на основе этих экспериментов делают заключение о наличии закона, которому подчиняется функционирование данного объекта. Лишь в этом случае результат считается вполне достоверным с научной точки зрения.

Ко Вселенной в целом это методологическое правило остается неприменимым. Наука формулирует универсальные законы, а Вселенная уникальна. Это противоречие, которое требует считать все заключения о происхождении и развитии Вселенной не законами, а лишь моделями, т.е. возможными вариантами объяснения. Строго говоря, все законы и научные теории являются моделями, поскольку

они могут быть заменены в процессе развития науки другими концепциями, но модели Вселенной в большей степени модели, чем многие иные научные утверждения.

2. Теория Большого взрыва и расширяющейся Вселенной

Наиболее общепринятой в космологии является модель однородной изотропной нестационарной горячей расширяющейся Вселенной, построенная на основе общей теории относительности и релятивистской теории тяготения, созданной Альбертом Эйнштейном в 1916 г. В основе этой модели лежат два предположения: свойства Вселенной одинаковы во всех ее точках (однородность) и направлениях (изотропность); наилучшим известным описанием гравитационного поля являются уравнения Эйнштейна. Из этого следуют так называемая кривизна пространства и связь кривизны с плотностью массы (энергии). Космология, основанная на этих постулатах, — релятивистская.

Важным пунктом данной модели является ее нестационарность. Это определяется двумя постулатами теории относительности: 1) принципом относительности, гласящим, что во всех инерциальных системах все законы сохраняются вне зависимости от того, с какими скоростями равномерно и прямолинейно движутся эти системы друг относительно друга; 2) экспериментально подтвержденным постоянством скорости света.

Из теории относительности следовало, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться, или сжиматься. Первым это заметил петербургский физик и математик Александр Александрович Фридман в 1922 г. Эмпирическим подтверждением этого вывода стало открытие американским астрономом Эдвином Хабблом в 1929 г. так называемого красного смещения. «Красное смещение» — это понижение частот электромагнитного излучения: в видимой части спектра линии смещаются к его красному концу. Согласно обнаруженному ранее эффекту Доплера, при удалении от нас какого-либо источника колебаний воспринимаемая нами частота колебаний уменьшается, а длина волны соответственно увеличивается. При излучении происходит «покраснение», т.е. линии спектра сдвигаются в сторону более длинных красных волн.

Для всех далеких источников света «красное смещение» было зафиксировано, причем чем дальше находился источник, тем в большей степени. «Красное смещение» оказалось пропорцио-

нально расстоянию до источника, что и подтверждало гипотезу об удалении их, т.е. о расширении Метагалактики — видимой части Вселенной. Открытие «красного смещения» позволило сделать вывод о разбегании галактик и расширении Вселенной.

«Красное смещение» надежно подтверждает теоретический вывод о нестационарности области нашей Вселенной с линейными размерами порядка нескольких миллиардов парсек на протяжении по меньшей мере нескольких миллиардов лет. В то же время кривизна пространства не может быть измерена, оставаясь теоретической гипотезой.

Если Вселенная расширяется, значит, она возникла в определенный момент времени. Как это произошло? Составной частью модели расширяющейся Вселенной является представление о Большом взрыве, происшедшем примерно 12—18 млрд лет назад. «Вначале был взрыв. Не такой взрыв, который знаком нам на Земле и который начинается из определенного центра и затем распространяется, захватывая все больше и больше пространства, а взрыв, который произошел одновременно везде, заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частица материи устремилась прочь от любой другой частицы» (*Вейнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. М., 1981. С. 30*).

Начальное состояние Вселенной (так называемая сингулярная точка): бесконечная плотность массы, бесконечная кривизна пространства и взрывное, замедляющееся со временем расширение при высокой температуре, при которой могла существовать только смесь элементарных частиц (включая фотоны и нейтрино). Горячесть начального состояния подтверждена открытием в 1965 г. реликтового излучения фотонов и нейтрино, образовавшихся на ранней стадии расширения Вселенной. Предсказание реликтового излучения было следствием модели Большого взрыва и расширяющейся Вселенной, а его обнаружение — подтверждением данного следствия. Слово «реликтовое» здесь не случайно — точно так же по остаткам существовавших в древности животных заключают о том, что они были.

Возникает интересный вопрос: из чего же образовалась Вселенная? Чем было то, из чего она возникла. В Библии утверждается, что Бог создал все из ничего. Зная, что в классической науке сформулированы законы сохранения материи и энергии, религиозные философы спорили о том, что значит библейское «ничего», и некоторые в угоду науке полагали, что под ничем имеется в виду первоначальный материальный хаос, упорядоченный Богом.

Как это ни удивительно, современная наука допускает (именно допускает, но не утверждает), что все могло образоваться из ничего. «Ничего» в научной терминологии называется вакуумом. Вакуум, который физика XIX в. считала пустотой, по современным научным представлениям является своеобразной формой материи, способной при определенных условиях «рождать» вещественные частицы.

Современная квантовая механика допускает (это не противоречит теории), что вакуум может приходить в «возбужденное состояние», вследствие чего в нем может образоваться поле, а из него (что подтверждается современными физическими экспериментами) — вещество.

Рождение Вселенной «из ничего» означает с современной научной точки зрения ее самопроизвольное возникновение из вакуума, когда в отсутствие частиц происходит случайная флуктуация. Если число фотонов равно нулю, то напряженность поля не имеет определенного значения (по «принципу неопределенности» Гейзенберга): поле постоянно испытывает флуктуации, хотя среднее (наблюдаемое) значение напряженности равно нулю. Флуктуация представляет собой появление виртуальных частиц, которые непрерывно рождаются и сразу же уничтожаются, но так же участвуют во взаимодействиях, как и реальные частицы. Благодаря флуктуациям вакуум приобретает особые свойства, проявляющиеся в наблюдаемых эффектах.

Итак, Вселенная могла образоваться из «ничего», т.е. из «возбужденного вакуума». Такая гипотеза, конечно, не является подтверждением существования Бога. Ведь все это могло произойти в соответствии с законами физики естественным путем без вмешательства извне каких-либо идеальных сущностей. И в этом случае научные гипотезы не подтверждают и не опровергают религиозные догмы, которые лежат по ту сторону эмпирически подтверждаемого и опровергаемого естествознания.

На этом удивительное в современной физике не кончается. Отвечая на просьбу журналиста изложить суть теории относительности в одной фразе, Эйнштейн сказал: «Раньше полагали, что если бы из Вселенной исчезла вся материя, то пространство и время сохранились бы; теория относительности утверждает, что вместе с материей исчезли бы также пространство и время». Перенеся этот вывод на модель расширяющейся Вселенной, можно заключить, что до образования Вселенной не было ни пространства, ни времени.

Отметим, что теория относительности соответствует двум разновидностям модели расширяющейся Вселенной. В первой из них кривизна пространства-времени отрицательна или в пределе равна нулю; в этом варианте все расстояния со временем неограниченно возрастают. Во второй разновидности модели кривизна положительна, пространство конечно, и в этом случае расширение со временем заменяется сжатием. В обоих вариантах теория относительности согласуется с нынешним эмпирически подтвержденным расширением Вселенной.

Однако возникает вопрос: что же было тогда, когда не было ничего, и что находится за пределами расширения. Первый вопрос, очевидно, противоречив сам по себе, второй выходит за рамки конкретной науки. Астроном может сказать, что как ученый он не вправе отвечать на такие вопросы. Но поскольку они все же возникают, формулируются и возможные обоснования ответов, которые являются не столько научными, сколько натурфилософскими.

Так, проводится различие между терминами «бесконечный» и «безграничный». Примером бесконечности, которая не безгранична, служит поверхность Земли: мы можем идти по ней бесконечно долго, но тем не менее она ограничена атмосферой сверху и земной корой снизу. Вселенная также может быть бесконечной, но ограниченной. С другой стороны, известна точка зрения, в соответствии с которой в материальном мире не может быть ничего бесконечного, потому что он развивается в виде конечных систем с петлями обратной связи, которыми эти системы создаются в процессе преобразования среды.

Подобные вопросы и ответы на них показывают, как много неизвестного таит в себе Вселенная.

Ученые полагают, что после Большого взрыва образовался сгусток плазмы — состояния, в котором находятся элементарные частицы — нечто среднее между твердым и жидким состоянием, который и начал расширяться все больше и больше под действием взрывной волны. Через 0,01 с после начала Большого взрыва во Вселенной появилась смесь легких ядер (2/3 водорода и 1/3 гелия).

3. Строение и эволюция звездных систем

Вопрос об образовании и строении галактик — следующий важный вопрос происхождения Вселенной. Его изучает не только космология как наука о Вселенной — едином целом, но также и космогония (греч. «гонос» означает рождение) — область науки, в кото-

рой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем (различают планетную, звездную, галактическую космогонию).

Галактика представляет собой гигантские скопления звезд и их систем, имеющие свой центр (ядро) и различную, не только сферическую, но часто спиралевидную, эллиптическую, сплюснутую или вообще неправильную форму. Галактик миллиарды, и в каждой из них насчитываются миллиарды звезд. Наша галактика называется Млечный Путь и состоит из 150 млрд звезд. Она состоит из ядра и нескольких спиральных ветвей. Ее размеры — 100 тыс. световых лет. Большая часть звезд нашей галактики сосредоточена в гигантском «диске» толщиной около 1500 световых лет. На расстоянии около 30 тыс. световых лет от центра галактики расположено Солнце.

Ближайшая к нашей галактика (которую световой луч достигает за 2 млн лет) — «туманность Андромеды». Она названа так потому, что именно в созвездии Андромеды в 1917 г. был открыт первый внегалактический объект. Его принадлежность к другой галактике была доказана в 1923 г. Э. Хабблом, нашедшим путем спектрального анализа в этом объекте звезды. Позже были обнаружены звезды и в других туманностях.

А в 1963 г. были открыты квазары (квазизвездные радиоисточники) — самые мощные источники радиоизлучения во Вселенной со светимостью в сотни раз большей светимости галактик и размерами в десятки раз меньшими их. Было предположено, что квазары представляют собой ядра новых галактик и, стало быть, процесс образования галактик продолжается и поныне.

Галактики являются скоплением звезд и их систем. Звезды изучает астрономия (от греч. «астрон» — звезда и «номос» — закон) — наука о строении и развитии космических тел и их систем. В астрономии исследуются радиоволны, свет, инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское излучения и гамма-лучи. Астрономия делится на небесную механику, радиоастрономию, астрофизику и другие дисциплины.

Особое значение приобретает в настоящее время астрофизика — часть астрономии, изучающая физические и химические явления, происходящие в небесных телах, их системах и в космическом пространстве. В отличие от физики, в основе которой лежит эксперимент, астрофизика основывается главным образом на наблюдениях. Но во многих случаях условия, в которых находится вещество в небесных телах и системах, отличаются от доступных современным лабораториям (сверхвысокие и сверхнизкие плотности, высокая

температура и т.д.). Благодаря этому астрофизические исследования приводят к открытию новых физических закономерностей.

Собственное значение астрофизики определяется тем, что в настоящее время основное внимание в релятивистской космологии переносится на физику Вселенной — состояние вещества и физические процессы, идущие на разных, включая наиболее ранние, стадиях расширения Вселенной. Один из основных методов астрофизики — спектральный анализ. Если пропустить луч белого солнечного света через узкую щель, а затем сквозь стеклянную трехгранную призму, то он распадается на составляющие цвета и на экране появится радужная цветовая полоска с постепенным переходом от красного к фиолетовому — непрерывный спектр. Красный конец спектра образован лучами, наименее отклоняющимися при прохождении через призму, фиолетовый — наиболее отклоняемыми. Каждому химическому элементу соответствуют вполне определенные спектральные линии, что и позволяет использовать данный метод для изучения веществ.

К сожалению, коротковолновые излучения — ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи — не проходят сквозь атмосферу Земли. Здесь на помощь астрономам приходит наука, которая до недавнего времени рассматривалась, прежде всего, как техническая — космонавтика (от греч. «наутике» — искусство кораблевождения), обеспечивающая освоение космоса для нужд человечества с использованием летательных аппаратов.

Космонавтика изучает проблемы: теории космических полетов — расчеты траекторий и т.д.; научно-технические — конструирование космических ракет, двигателей, бортовых систем управления, пусковых сооружений, автоматических станций и пилотируемых кораблей, научных приборов, наземных систем управления полетами, служб траекторных измерений, телеметрии, организация и снабжение орбитальных станций и др.; медико-биологические — создание бортовых систем жизнеобеспечения, компенсация неблагоприятных явлений в человеческом организме, связанных с перегрузкой, невесомостью, радиацией и др.

История космонавтики начинается с теоретических расчетов выхода человека в неземное пространство, которые дал К.Э. Циолковский в труде «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903). Работы в области ракетной техники начаты в СССР в 1921 г. Первые запуски ракет на жидком топливе осуществлены в США в 1926 г. Основными вехами в истории космонавтики стали запуск первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г., первый полет

человека в космос 12 апреля 1961 г., лунная экспедиция в 1969 г., создание орбитальных пилотируемых станций на околоземной орбите, запуск космического корабля многоцелевого использования.

Работы велись параллельно в СССР и США, но в последние годы наметилось объединение усилий в области исследования космического пространства. В 1995 г. осуществлен совместный проект «Мир» — «Шаттл», в котором американские корабли «Шаттл» использовались для доставки космонавтов на российскую орбитальную станцию «Мир».

Возможность изучать на орбитальных станциях космическое излучение, задерживаемое атмосферой Земли, способствует существенному прогрессу в области астрофизики.

Существуют две основные концепции происхождения небесных тел. Первая основывается на небулярной модели образования Солнечной системы, выдвинутой в XVIII в. французским физиком и математиком Пьером Лапласом и развитой немецким философом Иммануилом Кантом. В соответствии с нею звезды и планеты образовались из рассеянного диффузного вещества (космической пыли) путем постепенного сжатия первоначальной туманности.

Принятие модели Большого взрыва и расширяющейся Вселенной существенным образом повлияло и на модели образования небесных тел и привело к гипотезе Виктора Амбарцумяна о возникновении галактик, звезд и планетных систем из находящегося в ядрах галактик сверхплотного дозвездного вещества (состоящего из самых тяжелых элементарных частиц — гиперонов) путем его фрагментации.

Открытие В. Амбарцумяном звездных ассоциаций, состоящих из очень молодых звезд, стремящихся «убежать» друг от друга, было понято как подтверждение гипотезы образования звезд из первоначального сверхплотного вещества. Какая из двух концепций ближе к истине, решит последующее развитие естествознания.

Модель расширяющейся Вселенной встретилась с несколькими трудностями обоснования, которые способствовали прогрессу астрономии. Разлетаясь после Большого Взрыва из точки с бесконечно большой плотностью, сгустки вещества должны слегка притормаживать друг друга силами взаимного притяжения, и скорость их должна падать. Но для торможения не хватает всей массы Вселенной. Из этого возражения родилась в 1939 г. гипотеза о наличии во Вселенной невидимых «черных дыр», которые хранят 9/10 массы Вселенной (т.е. столько, сколько недостает).

Что представляют собой «черные дыры»? Если некоторая масса вещества оказывается в сравнительно небольшом объеме, критическом для данной массы, то под действием собственного тяготения такое вещество начинает неудержимо сжиматься. Происходит гравитационный коллапс. В результате сжатия растет концентрация массы и наступает момент, когда сила тяготения на поверхности становится столь велика, что для ее преодоления надо было бы развить скорость большую, чем скорость света. Поэтому «черная дыра» ничего не выпускает наружу и не отражает, и, стало быть, ее невозможно обнаружить. В «черной дыре» пространство искривляется, а время замедляется. Если сжатие продолжается дальше, тогда на каком-то его этапе начинаются незатухающие ядерные реакции. Сжатие прекращается, а затем происходит антиколлапсионный взрыв, и «черная дыра» превращается в «белую дыру». Предположено, что «черные дыры» находятся в ядрах галактик, являясь сверхмощным источником энергии.

Все небесные тела можно разделить на испускающие энергию — звезды — и не испускающие — планеты, кометы, метеориты, космическая пыль. Энергия звезд генерируется в их недрах ядерными процессами при температурах, достигающих десятков миллионов градусов, что сопровождается выделением особых частиц огромной проникающей способности — нейтрино. Звезды — это «фабрики» по производству химических элементов и источники света и жизни. Тем самым решаются сразу несколько задач. Звезды движутся вокруг центра галактики по сложным орбитам. Могут быть звезды, у которых меняются блеск и спектр — переменные звезды (Кита) и нестационарные (молодые) звезды, а также звездные ассоциации, возраст которых не превышает 10 млн лет. Возможно, из них образуются сверхновые звезды, при вспышках которых происходит выделение огромного количества энергии нетеплового происхождения и образование туманностей (скоплений газов).

Существуют очень крупные звезды — красные гиганты и сверхгиганты, и нейтронные звезды, масса которых близка к массе Солнца, но радиус составляет 1/50 000 от солнечного (10—20 км); они называются так, потому что состоят из огромного сгустка нейтронов.

В 1967 г. были открыты пульсары — космические источники радио-, оптического, рентгеновского и гамма-излучения. Эти излучения приходят на Землю в виде периодически повторяющихся всплесков. У радиопульсаров (быстро вращающихся нейтронных звезд) периоды импульсов — 0,03—4 с, у рентгеновских пульсаров (двойных звезд, где

к нейтронной звезде перетекает вещество от второй, обычной звезды) периоды составляют несколько секунд.

К интересным небесным телам, которым часто приписывалось сверхъестественное значение, относятся кометы. Под воздействием солнечного излучения из ядра кометы выделяются газы, образующие обширную голову кометы. Воздействие солнечного излучения и солнечного ветра обуславливает образование хвоста, иногда достигающего миллионов километров в длину. Выделяемые газы уходят в космическое пространство, вследствие чего при каждом приближении к Солнцу комета теряет значительную часть своей массы. В связи с этим кометы живут относительно недолго (тысячелетия и столетия).

Небо только кажется спокойным. В нем постоянно происходят катастрофы и рождаются новые и сверхновые звезды, во время вспышек которых светимость звезды возрастает в сотни тысяч раз. Эти взрывы характеризуют галактический пульс.

В конце эволюционного цикла, когда все водородное горючее истрачено, звезда сжимается до бесконечной плотности (масса остается прежней). Обычная звезда превращается в «белого карлика» — звезду, имеющую относительно высокую поверхностную температуру (от 7 до 30 тыс. градусов) и низкую светимость, во много раз меньшую светимости Солнца.

Предполагается, что одной из стадий эволюции нейтронных звезд является образование новой и сверхновой звезды, когда она увеличивается в объеме, сбрасывает свою газовую оболочку и в течение нескольких суток выделяет энергию, света, как миллиарды солнц. Затем, исчерпав ресурсы, звезда тускнеет, а на месте вспышки остается газовая туманность.

Если звезда имела сверхкрупные размеры, то в конце ее эволюции частицы и лучи, едва покинув поверхность, тут же падают обратно из-за сил гравитации, т.е. образуется «черная дыра», переходящая затем в «белую дыру».

4. Антропный принцип в космологии

Суть антропного принципа — единство человека и космоса. Этот принцип включает два факта. Во-первых, сама возможность существования человека обеспечивается характером объективных законов универсума и зависит от значений фундаментальных физических постоянных (гравитационная постоянная, постоянная Планка, электрическая, магнитные постоянные, постоянная Больцмана и др.).

Во-вторых, человек как существо, способное к пониманию, занимает особое место во Вселенной наряду с другими разумными существами, если таковые имеются. Таким образом человек — существо космическое, человек познает мир доступным ему способом, человек как познающее существо на данный момент не имеет альтернативы в космосе, хотя возможность такой альтернативы не исключена.

Выделяют слабый и сильный антропные принципы. Слабый антропный принцип заключается в том, что все, что человек может наблюдать, ограничено условиями его существования. Сильный антропогенный принцип подразумевает, что Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на определенном этапе развития было возможно существование наблюдателя — разумного существа — человека.

Для космологии присущ критерий подтверждаемости, а не должествования; космология отражает то, что есть, существует. Поэтому не Вселенная должна подстраиваться, чтобы создать условия для бытия человека, а человек, сама жизнь становится возможным лишь в соответствии с объективно возникшими в процессе эволюции Вселенной условиями.

Познавательные возможности человека как познающего субъекта ограничены условиями его бытия. Однако экспериментальные данные, подвергнутые логическому, теоретическому осмыслению, дают возможность познать и то, что недоступно чувственному восприятию.

Можно сделать вывод, что во Вселенной нет принципиально непознаваемых явлений, процессов, не доступных прогрессирующему научному познанию, в космологическом знании нет альтернативы науке.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основывается модель расширяющейся Вселенной?
2. Что такое реликтовое излучение?
3. Что такое однородность и изотропность Вселенной?
4. Каков основной метод исследования в астрономии?
5. Как Вселенная могла образоваться из ничего?
6. Что такое «возбужденный вакуум»?
7. Что такое «красное смещение»?
8. В чем различие понятий: Вселенная, бытие, космос, универсум?

9. Чем отличается астрономия от астрологии?
10. Что такое точка сингулярности?
11. Почему светят звезды?
12. Какие процессы происходят в недрах звезд?
13. Чем красные гиганты отличаются от обычных звезд? Каковы основные концепции происхождения звездных систем?
14. Каковы основные концепции происхождения Солнечной системы?
15. Почему светит Солнце?
16. Чем отличаются космология, космогония, астрономия, астрофизика, космонавтика?
17. Что такое антропный принцип в космологии?
18. В чем заключается разница между слабым и сильным антропными принципами?

ЛЕКЦИЯ 5

Современные химические концепции

План

1. Специфика химии как науки. Система химии.
2. Учение о составе вещества: первый уровень химического знания.
3. Структурная химия.
4. Учение о химическом процессе.
5. Эволюционная химия.

1. Специфика химии как науки. Система химии

Химия — наука о составе, внутреннем строении и превращении вещества, а также о механизмах этих превращений.

Еще Д. И. Менделеев обратил внимание на то, что химия, в отличие от многих других наук, сама создает свой предмет исследования. Как никакая другая наука, она является одновременно и наукой, и производством. Основанием химии выступает основная 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).

Свойства вещества. Каждому веществу присущ набор специфических свойств — объективных характеристик, которые определяют индивидуальность конкретного вещества и тем самым позволяют отличить его от всех других веществ.

Система химии

Основная двуединая проблема химии является системообразующим началом данной науки. Она возникла в глубокой древности и не потеряла своей актуальности в наши дни.

Важнейшей особенностью основной проблемы химии является то, что она имеет всего четыре способа решения. Речь при этом идет о следующем: от чего, от каких факторов зависят свойства вещества. А зависят они от четырех основных факторов:

- 1) от элементного и молекулярного составов вещества;
- 2) структуры молекул вещества;
- 3) термодинамических и кинетических (наличие катализаторов и ингибиторов, воздействие материала стенок сосудов и т.д.) условий, в которых вещество находится в процессе химической реакции;
- 4) высоты химической организации вещества.

Поскольку способы решения основной проблемы химии появлялись последовательно, то в истории химии можно выделить четыре последовательно сменявших друг друга этапа. В то же время с каждым из названных способов решения основной проблемы химии связана собственная концептуальная система знаний. Эти четыре концептуальных системы знания находятся в отношениях иерархии. В системе химии они являются подсистемами так же, как сама химия представляет собой подсистему естествознания в целом. Концептуальные системы химии можно представить наглядно в виде схемы.

| | |
|------------------|----------------------------------|
| Середина XX века | 4. Эволюционная химия |
| XX век | 3. Учение о химических процессах |
| XIX век | 2. Структурная химия |
| XVII век | 1. Учение о составе вещества |

В развитии химии происходит не смена, а строго закономерное, последовательное появление концептуальных систем. При этом каждая вновь появляющаяся система не отрицает предыдущую, а, наоборот, опирается на нее и включает в себя в преобразованном виде.

2. Учение о составе вещества: первый уровень химического знания

Первый по-настоящему 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 структуры — атомы, или, как он их называл, *minima naturalia*. Эти частицы могли связываться друг с другом, образуя более крупные соединения — кластеры, по терминологии Бойля. Связь частиц в кластерах была достаточно прочной, и поэтому кластеры сами были невидимыми глазу кирпичиками для построения реальных физических тел. В зависимости от объема и формы кластеров, от того, находились ли 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 тогдашнюю химию. 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 использованием вновь открытых химических элементов.

Концепция химического элемента

Концепция химического элемента появилась в химии как результат стремления человека обнаружить первоэлемент природы. Корни решения данной проблемы уходят в Древнюю Грецию, где возникли учения о первоэлементах природы. Там же возникла и атомистическая концепция природы, возрожденная в Новое время в химии Р. Бойлем. Именно он 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.

В 19 веке Д.И. Менделеев доказал, что свойства химического элемента зависят от места данного атома в периодической системе. Сам Менделеев определял это место по атомной массе, но в XX в. было выяснено, что порядковый номер элемента зависит не от атомной массы, а от заряда атомного ядра и количества электронов. В на-

стоящее время известно, что атом представляет собой сложную квантово-механическую систему, состоящую из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной электронной оболочки. Выявлены особенности строения электронных орбиталей атомов всех элементов и особая роль внешнего электронного уровня атома, от количества электронов в котором зависит реакционная способность элемента — химическая активность вещества, учитывающая как разнообразие реакций, возможных для данного вещества, так и их скорость. Наиболее активными с химической точки зрения являются элементы, имеющие минимальную атомную массу и 6—7 электронов на внешнем электронном уровне (фтор, хлор, кислород). Это связано с тем, что они стремятся достроить свою электронную оболочку путем присоединения недостающего числа электронов. Также большой реакционной способностью отличаются металлы, обладающие большой атомной массой и имеющие 1—2 электрона на внешнем электронном уровне (барий, цезий), стремящиеся отдать их для его достройки.

Современный окружающий человека мир заполнен многочисленными соединениями, образованными элементами периодической системы Менделеева. Во времена самого Менделеева было известно всего 62 химических элемента. В 30-е гг. XX в. таблица Менделеева включала 88 элементов, а всего в ней было 92 клетки (элемент под номером 92 — это уран). Сегодня науке известно 118 химических элементов (последние шесть из них не имеют официального названия; 117 элемент — унунсептий — открыт в 2009–2010 гг., 118 — унуноктий — в 2004 г.), и химиков продолжает волновать вопрос, сколько всего элементов в таблице Менделеева.

Предполагается, что на первоначальной стадии развития Земли существовали трансурановые элементы с порядковыми номерами до 106-го. Такие элементы имели небольшую продолжительность жизни по сравнению с возрастом Земли и поэтому полностью распались, не сохранившись до наших дней. Самым долгоживущим элементом из данной группы оказался плутоний-244 с периодом полураспада 82,2 млн лет. В 1971 г. из минерала бастнезита удалось выделить некоторое количество атомов этого элемента. Но в основном все трансурановые элементы были получены искусственным путем. В 1940 г. был синтезирован нептуний, после этого были зарегистрированы еще 15 трансурановых элементов с номерами до 107-го.

Трансурановые элементы с атомными номерами до 100-го можно получить в ядерном реакторе путем бомбардировки ядер изотопа

урана-238 нейтронами. Более тяжелые элементы получают только в ускорителях в очень незначительных количествах. Для этого уран бомбардируют ионами ксенона, гадолиния, самария, гафния или самого урана. В результате этого образуются очень тяжелые промежуточные ядра. Но такие реакции стали возможны лишь с 1971 г., когда появились новые мощные ускорители, способные разогнать тяжелые ионы до высоких энергий.

Современная теория позволяет с большой вероятностью рассчитать стабильность сверхтяжелых элементов и предсказать их физические и химические свойства. Поэтому химики предполагают, что элементы с порядковыми номерами между 114-м и 164-м должны обладать неожиданно высокой стабильностью. Считается, что в районе этих порядковых номеров в периодической системе должен существовать так называемый островок стабильности, на котором возможно получение изотопов с периодом полураспада 10^8 лет. Верхняя граница стабильности должна приближаться к номеру 174. Если эти элементы будут получены, то их можно будет использовать в промышленном производстве и энергетике. Но для их синтеза нужны новые экспериментальные методы и технические средства.

Концепция химических соединений

Долгое время химики эмпирическим путем определяли, что относится к химическим соединениям, а что — к простым телам или смесям. Еще в начале XIX в. Ж. Пруст сформулировал *закон постоянства состава*, в соответствии с которым любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом — прочным притяжением составных частей (атомов) и тем самым отличается от смесей. Также Пруст установил, что всякое чистое вещество независимо от его происхождения и способа получения имеет один и тот же состав.

Теоретическое обоснование закона Пруста было дано Дж. Дальтоном в *законе кратных отношений*. Согласно этому закону состав любого вещества можно представить как простую формулу, а эквивалентные составные части молекулы — атомы, обозначавшиеся соответствующими символами, могли замещаться на другие атомы.

После этого долго считали, что состав химического соединения может быть только постоянным. Но дальнейшее развитие химии и изучение все большего числа соединений приводили химиков к мысли, что наряду с веществами, имеющими постоянный состав, существуют еще и соединения переменного состава, или бертолли-

ды. В результате были переосмыслены представления о молекуле в целом. Молекулой 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, ковалентные неполярные ионные, водородные и металлические 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.

3. 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 мануфактурное производство сменилось фабричным, опирающимся на машинную технику и широкую сырьевую базу. В химическом производстве стала преобладать переработка огромных масс вещества растительного и животного происхождения. Качественное разнообразие данных веществ потрясающе велико — сотни тысяч химических соединений, состав которых, тем не менее, крайне однообразен, так как они состоят из нескольких элементов-органогенов. Это — углерод, водород, кислород, сера, азот, фосфор. Объяснение необычайно широкому разнообразию органических соединений при столь бедном элементном составе было найдено в явлениях, получивших названия изомерии и полимерии. Так было положено начало второму уровню развития химических знаний, который получил название **структурной химии**.

Структурная химия стала более высоким уровнем по отношению к учению о составе вещества. При этом химия из науки преимущественно аналитической превратилась в науку синтетическую. Главным достижением этого этапа развития химии стало установление связи между структурой молекул и реакционной способностью веществ.

Основы структурной химии были заложены еще Дж. Дальтоном, который показал, что любое химическое вещество представляет собой совокупность молекул, состоящих из определенного количества атомов одного, двух или трех химических элементов. Затем И. Берцелиус выдвинул идею, что молекула представляет собой не простое нагромождение атомов, а определенную упорядоченную структуру атомов, связанных между собой электростатическими силами. Как позже показал химик Ш. Жерар, это утверждение было верно не всегда, поэтому еще в середине XIX в. структура молекул оставалась загадочной.

В 1857 г. немецкий химик А. Кекуле опубликовал свои наблюдения о свойствах некоторых элементов, могущих заменять атомы водорода в ряде соединений, и ввел новый термин — *сродство*. Он стал обозначать количество атомов водорода, которые может заместить данный химический элемент. Число единиц сродства, присущее данному химическому элементу, Кекуле назвал *валентностью*. При объединении атомов в молекулу происходило замыкание свободных единиц сродства. Таким образом, понятие «структура молекулы» свелось к построению наглядных формульных схем, которые служили химикам руководством в их практической работе, показывали, какие исходные вещества нужно брать для получения конечного продукта, что не всегда можно было осуществить на практике.

Поэтому важнейшим шагом в развитии структурной химии стало создание **теории химического строения органических соединений** русским химиком А.М. Бутлеровым. Бутлеров 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. Кроме того, она указывала на наличие активных центров и активных группировок в структуре молекул.

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 совокупно-

сти 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.

На основе достижений структурной химии у исследователей появилась уверенность в положительном исходе экспериментов в области органического синтеза. Сам термин «органический синтез» появился в 1860—80-е гг. и стал обозначать целую область науки, названную так в противоположность общему увлечению анализом природных веществ. Этот период в химии был назван триумфальным шествием органического синтеза. Химики гордо заявляли о своих ничем не сдерживаемых возможностях, обещая синтезировать из угля, воды и воздуха все самые сложные тела, вплоть до белков, гормонов и пр. И действительность, казалось, подтверждала эти заявления: за вторую половину XIX в. число органических соединений за счет вновь синтезированных возросло с полумиллиона до двух миллионов.

В это время появились всевозможные азокрасители для текстильной промышленности, различные препараты для фармации, искусственный шелк и т.д. Сегодня синтез новых органических веществ позволяет получить полезные и ценные материалы, отсутствующие в природе. Самым последним достижением структурной химии является открытие совершенно нового класса металлорганических соединений, которые за свою двухслойную структуру получили название «сэндвичевых» соединений. Молекула этого вещества представляет собой две пластины из соединений водорода и углерода, между которыми находится атом какого-либо металла.

Исследования в области современной структурной химии идут по двум перспективным направлениям:

1) синтез кристаллов с максимальным приближением к идеальной решетке для получения материалов с высокими техническими показателями: максимальной прочностью, термической стойкостью, долговечностью в эксплуатации и др.;

2) создание кристаллов с заранее запрограммированными дефектами кристаллической решетки для производства материалов с заданными электрическими, магнитными и другими свойствами.

Интенсивное развитие автомобилестроения, авиации, энергетики, приборостроения в первой половине XX в. выдвинуло новые требования к производству материалов. Необходимо было получить высокооктановое моторное топливо, специальные синтетические каучуки,

пластмассы, высокостойкие изоляторы, жаропрочные органические и неорганические полимеры, полупроводники. Для получения этих материалов способ решения основной проблемы химии, основанный на учении о составе и структурных теориях, был явно недостаточен. Он не учитывал резких изменений свойств вещества в результате влияния температуры, давления, растворителей и многих других факторов, воздействующих на направление и скорость протекания химических процессов. Учет и использование этих факторов вывело химию на новый качественный уровень ее развития.

4. Учение о химическом процессе

Под влиянием новых требований производства возникло учение о химических процессах, в котором учитывается изменение свойств вещества под влиянием температуры, давления, растворителей и других факторов. После этого химия становится наукой уже не только и не столько о веществах как законченных предметах, но и наукой о процессах и механизмах изменения вещества. Благодаря этому она обеспечила создание производства синтетических материалов, заменяющих дерево и металл в строительных работах, пищевое сырье в производстве олифы, лаков, моющих средств и смазочных материалов. Производство искусственных волокон, каучуков, этилового спирта и многих растворителей стало базироваться на нефтяном сырье, а производство азотных удобрений — на основе азота воздуха. Появилась технология нефтехимических производств с ее поточными системами, обеспечивающими непрерывные высокопроизводительные процессы. Уже в 1960-е гг. 100 % технического спирта, 80 % моющих средств, 90 % олифы и лаков, 40 % волокон, 70 % каучука и около 25 % кожевенных материалов изготавливались на основе газового и нефтяного сырья. Помимо этого, химия дает ежегодно сотни тысяч тонн мочевины и нефтяного белка в качестве корма скоту и около 200 млн т удобрений.

Столь впечатляющие успехи были достигнуты на основе учения о химических процессах — области науки, в которой осуществлена наиболее глубокая интеграция физики, химии и биологии. В основу данного учения положены химическая термодинамика и кинетика, поэтому этот раздел науки в равной степени принадлежит физике и химии. Одним из основоположников этого научного направления стал русский химик Н.Н. Семенов — лауреат Нобелевской премии, основатель химической физики. Он в своей Нобелевской лекции 1965 г. заявил, что химический процесс — это то основное явление,

которое отличает химию от физики, делает ее более сложной наукой. Химический процесс становится первой ступенью при восхождении от таких относительно простых физических объектов, как электрон, протон, атом, молекула, к сложным, многоуровневым живым системам. Ведь любая клетка живого организма, по существу, представляет собой своеобразный сложный реактор. Поэтому химия становится мостом от объектов физики к объектам биологии.

Учение о химических процессах базируется на идее, что способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется (кроме всего прочего) и условиями протекания химических реакций. Эти условия могут оказывать воздействие на характер и результаты химических реакций. Подавляющее большинство реакций являются трудно контролируемы. Есть реакции, которые просто не удастся осуществить, хотя они в принципе осуществимы. Существуют реакции, которые трудно остановить: горения и взрывы. И, наконец, встречаются реакции, которые трудно ввести в одно желательное русло, так как они самопроизвольно создают десятки непредвиденных ответвлений с образованием сотен побочных продуктов. Поэтому важнейшей задачей для химиков становится умение управлять химическими процессами, добиваясь нужных результатов.

В самом общем виде методы управления химическими процессами можно подразделить на термодинамические и кинетические. **Термодинамические методы** влияют на смещение химического равновесия реакции. **Кинетические методы** влияют на скорость протекания химической реакции.

Практически все химические реакции представляют собой отнюдь не простое взаимодействие исходных реагентов, а сложные цепи последовательных стадий, где реагенты взаимодействуют не только друг с другом, но и со стенками реактора, могущими как катализировать (ускорять), так и ингибировать (замедлять) процесс. Также на интенсивность химических процессов оказывают влияние случайные примеси.

Катализ был открыт в 1812 г. русским химиком К.С. Кирхгофом.

Применение катализаторов послужило основанием коренной ломки всей химической промышленности. Почти вся промышленность основной химии (производство неорганических кислот, оснований и солей) и «тяжелого» органического синтеза, включая получение горюче-смазочных материалов, базируется на катализе. 60–80 % всей химии основано на каталитических процессах. Химики не без основания говорят, что некаталитических процессов вообще не су-

ществует, поскольку все они протекают в реакторах, материал стенок которых служит своеобразным катализатором. С участием катализаторов скорость некоторых реакций возрастает в 10 млрд. раз. Есть катализаторы, позволяющие не просто контролировать состав конечного продукта, но и способствующие образованию молекул определенной формы, что сильно влияет на физические свойства продукта (твердость, пластичность).

В современных условиях одно из важнейших направлений развития учения о химических процессах — создание методов управления этими процессами, поэтому химическая наука занимается разработкой таких проблем, как химия плазмы, радиационная химия, химия высоких давлений и температур.

Химия плазмы изучает химические процессы в низкотемпературной плазме при температурах от 1000 до 10 000 °С. Такие процессы характеризуются возбужденным состоянием частиц, столкновением молекул с заряженными частицами и очень высокими скоростями протекания химических реакций. В плазмохимических процессах скорость перераспределения химических связей очень высока, а реакция не обратима. Поэтому плазмохимические процессы очень производительны. Уже существуют технологии производства сырья для порошковой металлургии, разработаны методы синтеза для целого ряда химических соединений. В 1970-е гг. были созданы плазменные сталеплавильные печи, позволяющие получать самые высококачественные металлы. Разработаны методы ионно-плазменной обработки поверхности инструментов, износостойкость которых увеличивается в несколько раз. Плазмохимия позволяет синтезировать ранее неизвестные материалы, такие, как металлобетон, в котором в качестве связующего элемента используются различные металлы. Металлобетон образуется при сплавлении частиц горной породы и прочном сжатии их с металлом. По своим качествам он превосходит обычный бетон в десятки и сотни раз.

Одним из самых молодых направлений в исследовании химических процессов является **радиационная химия**, которая зародилась во второй половине XX в. Предметом ее разработок стали превращения самых разнообразных веществ под воздействием ионизирующих излучений. Источниками ионизирующего излучения служат рентгеновские установки, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы, радиоактивные изотопы. В результате радиационно-химических реакций вещества получают повышенную термостойкость и твердость. Наиболее важными процессами радиационно-

химической технологии являются полимеризация, вулканизация, производство композиционных материалов, в том числе получение полимербетонов путем пропитки обычного бетона каким-либо полимером с его последующим облучением. Такие бетоны имеют в четыре раза более высокую прочность, обладают водонепроницаемостью и высокой коррозионной стойкостью.

Принципиально новой и исключительно важной областью учения о химических процессах является *самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких и керамических материалов*. Обычно их производство осуществляется методом порошковой металлургии, суть которого заключается в прессовании и сжатии при высокой температуре (1200–2000 °С) металлических порошков. Самораспространяющийся синтез происходит гораздо проще: он основан на горении одного металла в другом или горении металла в азоте, углероде, кремнии и т.п. Данная технология не требует громоздких процессов, отличается высокой технологичностью и легко поддается автоматизации.

Еще одна область развития учения о химических процессах — *химия высоких и сверхвысоких давлений*. Химические превращения веществ при давлениях выше 100 атм относятся к химии высоких давлений, а при давлениях выше 1000 атм — к химии сверхвысоких давлений. Высокие давления в химии используются с начала XX в. — аммиачное производство осуществлялось при давлении 300 атм и температуре 600 °С. В последнее время используются установки, в которых достигается давление 5000 атм, а испытания проводятся при давлении 600 000 атм, которое достигается за счет ударной волны при взрыве в течение миллионной доли секунды. При ядерных взрывах возникают еще более высокие давления.

При высоком давлении сближаются и деформируются электронные оболочки атомов, что ведет к повышению реакционной способности веществ. При давлении 10^2 – 10^3 атм исчезает различие между жидкой и газовой фазами, а при 10^3 – 10^5 атм — между твердой и жидкой фазами. При высоком давлении сильно меняются физические и химические свойства веществ. Например, при давлении 20 000 атм металл становится эластичным, как каучук. Обычная вода при высоких температуре и давлении становится химически активной. С повышением давления многие вещества переходят в металлическое состояние. В последнее время ежегодно производятся тонны синтетических алмазов, которые лишь незначительно отличаются от природных по своим свойствам. Удалось синтезировать черные алмазы — карбонадо, которые тверже природных и используются для обработки самих алмазов.

5. Эволюционная химия

В 60—70-е гг. XX в. появился четвертый способ решения основной проблемы химии, открывающий пути для использования в производстве материалов самых высокоорганизованных химических систем, какие возможны в настоящее время. В основе этого способа лежит принцип использования в процессах получения целевых продуктов таких условий, которые приводят к самосовершенствованию катализаторов химических реакций, т.е. к самоорганизации химических систем. В сущности, речь идет об использовании химического опыта живой природы. Химический реактор предстает как некое подобие живой системы, для которой характерны саморазвитие и определенные черты поведения. Так появилась эволюционная химия как высший уровень развития химического знания.

Под **эволюционными процессами** в химии понимают процессы самопроизвольного (без участия человека) синтеза новых химических соединений, являющихся более сложными и высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами.

Поэтому эволюционную химию заслуженно считают предбиологией, наукой о самоорганизации и саморазвитии химических систем. Первые шаги на этом пути были сделаны еще И. Берцелиусом, который установил, что в основе функционирования живого организма лежит биокатализ. Затем исследования в этом направлении велись Ю. Либихом, П. Бертелло и, наконец, Н.Н. Семеновым. Работы этих ученых способствовали укреплению связи химии с биологией. Постепенное развитие науки в XIX в., приведшее к раскрытию структуры атома и детальному познанию строения и состава клетки, открыло перед химиками и биологами практические возможности совместной работы над химическими проблемами учения о клетке. На повестке дня стояло изучение характера химических процессов в живых тканях, обусловленность биологических функций химическими реакциями.

Как было установлено учеными в XIX в., основой исключительной эффективности биологических процессов является биокатализ. Поэтому химики ставят своей целью создать новую химию, основанную на каталитическом опыте живой природы. Они стремятся к новым принципам управления химическими процессами, в которых будет применяться синтез себе подобных молекул, по принципу ферментов будут созданы катализаторы с таким разнообразием качеств, которые далеко превзойдут существующие в нашей промышленности до сих пор. Пока речь идет только о моделировании неко-

торых функций ферментов и использовании этих моделей для теоретического анализа деятельности живых систем. Также возможно частичное практическое применение выделенных ферментов для ускорения некоторых химических реакций. Для этого нужно изучить весь каталитический опыт живой природы, в том числе и опыт формирования самого фермента, клетки и даже организма. На этой основе и возникла эволюционная химия как новая наука, пролагающая пути принципиально новой химической технологии, способной стать аналогом живых систем.

Для освоения опыта живой природы и реализации полученных знаний в промышленности химики наметили ряд перспективных путей:

1) исследования в области металлокомплексного катализа, который обогащается приемами, используемыми живыми организмами в реакциях с участием ферментов;

2) попытки моделирования биокатализаторов. Уже удалось создать модели многих ферментов, которые извлекаются из живой клетки и используются в химических реакциях. Но проблема осложняется тем, что ферменты, устойчивые внутри живой клетки, вне клетки быстро разрушаются;

3) развитие химии иммобилизованных систем. При этом ферменты, выделенные из живого организма, закрепляются на твердой поверхности путем адсорбции. Пионером в этой области выступил русский химик И.В. Березин. Благодаря его исследованиям биокатализаторы стали стабильными, устойчивыми в химических реакциях, появилась возможность их многократного использования;

4) глобальной целью современной химии является решение самой широкой задачи — освоение и использование всего опыта живой природы. Это позволит химикам создать полные аналоги живых систем, в которых будут синтезироваться самые разнообразные вещества. Таким образом, человечество получит в свое распоряжение принципиально новые химические технологии.

Зарождение эволюционной химии произошло в 1960-е гг., когда были открыты случаи самосовершенствования катализаторов в ходе реакции, тогда как обычно в процессе работы они дезактивировались, ухудшались и выбрасывались. Так химики обратили внимание на процессы самоорганизации в химических системах, подняв тем самым химию на качественно новый уровень. При этом впервые было обращено внимание на существование в природе химических систем разной степени сложности, а также на процесс перехода от химических систем к биологическим.

Изучение процессов самоорганизации в химии привело к формированию двух подходов к анализу предбиологических систем: субстратного и функционального.

Субстратный подход к проблеме биогенеза

В рамках субстратного подхода было отмечено, что при переходе к простейшим формам жизни шел особый дифференцированный отбор лишь таких химических элементов и их соединений, которые являются основным строительным материалом для образования биологических систем. Эти элементы в химии получили название *органогенов*.

В настоящее время наукой открыто 118 химических элементов. Большинство из них попадает в живые организмы и участвует в их жизнедеятельности. Однако основу жизнедеятельности обеспечивают только шесть химических элементов-органогенов — углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера. Их суммарная весовая доля в структуре живого организма составляет 97,4 %. За ними следуют 12 элементов, которые принимают участие в построении многих физиологически важных компонентов биологических систем (натрий, калий, кальций, магний, алюминий, железо, кремний, хлор, медь, цинк, кобальт, никель). Их весовая доля в организме составляет 1,6 %. Кроме того, существует еще 20 элементов, участвующих в построении и функционировании отдельных узкоспецифических биосистем, весовая доля которых составляет около 1 %. Все остальные элементы в построении биосистем практически не участвуют.

Общая химическая картина мира также весьма убедительно свидетельствует об отборе химических соединений. В настоящее время химической науке известно около 8 млн химических соединений. Из них подавляющее большинство (96 %) составляют органические соединения, которые образованы на основе все тех же 6—18 элементов. А из остальных 90 химических элементов природа создала всего лишь около 300 тысяч неорганических соединений. Из миллионов органических соединений в построении живого участвуют лишь несколько сотен. Из 100 известных аминокислот в состав белков входит только 20. Лишь по четыре нуклеотида ДНК и РНК лежат в основе всех сложных полимерных нуклеиновых кислот, ответственных за наследственность и регуляцию белкового синтеза в любых живых организмах.

Химикам важно понять, каким образом из минимума химических элементов и химических соединений образовались сложнейшие биосистемы.

Можно предположить, что определяющими факторами в отборе химических элементов при формировании органических систем, а тем более биосистем, выступают условия соответствия этих элементов определенным требованиям:

- способность образовывать прочные и, следовательно, энергемкие связи;
- эти связи должны быть лабильными (изменчивыми), способными к образованию новых разнообразных связей.

Данным условиям отвечает углерод — органоген номер один. Он, как никакой другой элемент, способен вмещать и удерживать внутри себя самые редкие химические противоположности, реализовывать их единство, выступать в качестве носителя внутреннего противоречия. Азот, фосфор и сера как органогены, а также железо и магний, составляющие активные центры ферментов, также лабильны. Кислород и водород свойством лабильности обладают в меньшей мере, поэтому являются носителями окислительных и восстановительных процессов.

Сегодня также ясно, что в ходе эволюции отбирались те структуры, которые способствовали резкому повышению активности и селективности действия каталитических групп.

Функциональный подход в эволюционной химии

В рамках функционального подхода отмечается, что ведущую роль на предбиологической стадии эволюции играл катализ. Роль каталитических процессов усиливалась по мере усложнения состава и структуры химических систем. Именно на этом основании некоторые ученые напрямую стали связывать химическую эволюцию с самоорганизацией и саморазвитием каталитических систем.

Так профессор МГУ А.П. Руденко выдвинул *теорию саморазвития открытых каталитических систем*. Очень скоро она была преобразована в общую теорию химической эволюции и биогенеза. Сущность данной теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем, следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы, а не молекулы. При катализе идет реакция химического взаимодействия катализатора и реагентов с образованием промежуточных комплексов со свойствами переходного состояния. Именно такой промежуточный каталитический комплекс Руденко назвал *элементарной каталитической системой*. Если в ходе реакции идет постоянный приток новых реагентов извне и отвод готовой продукции, а также выполняются неко-

торые дополнительные условия, то реакция может идти неограниченно долго, находясь на одном и том же стационарном уровне. Такие многократно возобновляемые комплексы являются элементарными открытыми каталитическими системами.

Руденко сформулировал *основной закон химической эволюции*, согласно которому с наибольшей скоростью и вероятностью реализуются те пути эволюционных изменений катализаторов, которые связаны с ростом их абсолютной каталитической активности.

Практическим следствием теории саморазвития открытых каталитических систем является так называемая нестационарная кинетика, которая занимается теорией управления нестационарными процессами — реакциями с меняющимися условиями. Сегодня исследователи приходят к выводу, что стационарный режим, надежная стабилизация которого казалась залогом высокой эффективности промышленного процесса, является лишь частным случаем нестационарного режима. При этом было обнаружено множество нестационарных режимов, способствующих интенсификации реакции.

Таким образом, рассмотренные концепции химии позволяют говорить о существовании химической картины мира, т.е. такого взгляда на природу с точки зрения химии, в котором определяются место и роль химических объектов и процессов в реальном природном многообразии. Ее содержанием является:

- обобщенное знание эпохи о том, что представляют собой объекты живой и неживой природы с точки зрения их химического содержания. Сюда входит учение о многообразии частиц вещества и его химической организации;
- представление о едином происхождении всех основных типов природных объектов, их естественной эволюции;
- зависимость химических свойств природных объектов от их структуры;
- общие закономерности природных процессов как процессов химического движения — взаимодействия реагирующих веществ друг с другом и окружающей средой;
- знание о специфических объектах, синтезируемых в практической деятельности химиков.

Вопросы для самоконтроля.

1. В чем специфика каждого из четырех этапов развития химии?
2. Чем отличаются представления алхимиков об элементах от представлений Бойля?

5. Какие научные положения (модель, правило, принцип) являются ядром периодического закона элементов Менделеева?

6. Какой признак элементов положил в основу своей классификации Менделеев?

7. Какова роль периодической системы Менделеева в развитии современной науки?

9. Каково современное представление о химическом элементе?

10. О чем говорит закон постоянства состава, сформулированный Прустом и обоснованный Дальтоном?

12. Зависит ли состав вещества от способа его получения?

13. Что такое молекула?

14. Что понимают под структурой молекул?

15. Кто и зачем предложил понятие «валентность»?

17. Что такое химическое соединение?

19. Какой процесс называется химической реакцией?

20. Какими факторами можно регулировать ход реакций и каким законам он подчиняется?

21. Что такое катализатор?

22. Почему катализатор способен изменять термодинамические параметры реакции?

24. Что является предметом изучения эволюционной химии?

25. Почему природа отдала предпочтение углероду при организации живой формы материи?

26. Что такое фермент?

27. Как Вы понимаете процесс биокатализа и механизм действия фермента?

28. Возможно ли использование фермента в производстве?

29. Каковы достижения химии в синтезе новых материалов?

30. Каковы достижения химии в разработке новых технологических процессов?

ЛЕКЦИЯ 6

Биологические концепции

План

1. Биология как наука. Структура биологического знания.
2. Период систематики. Натуралистическая биология.
3. Период микромира. Физико-химическая биология.

4. Эволюционный период. Эволюционная биология.

5. Структурные уровни организации жизни.

1. Биология как наука. Структура биологического знания

В настоящее время наиболее динамично развивающейся наукой является биология — наука о жизни и живой природе. Основные задачи биологии — дать научное определение жизни, указать на принципиальное отличие живого от неживого, выяснить специфику биологической формы существования материи. Сегодня открытия в биологии определяют развитие всего естествознания. Более того, биология становится тем основанием, на котором формируются новые мировоззренческие принципы, определяющие самосознание человека.

В современной науке **биология** определяется как совокупность наук о живой природе, многообразии существовавших и существующих живых организмов, их строении и функциях, происхождении, распространении и развитии, связях друг с другом и неживой природой.

Современная биология — динамичное, меняющееся на глазах знание. Стремительно растет в биологии число междисциплинарных исследований на стыке с другими естественными науками. Поэтому в структуре биологического знания сегодня насчитывается более 50 частных наук: ботаника, зоология, генетика, молекулярная биология, анатомия, морфология, цитология, биофизика, биохимия, палеонтология, эмбриология, экология и т.п. Данное многообразие научных дисциплин объясняется, главным образом, сложностью основного объекта биологических исследований — живой материи.

Структуру биологии как науки можно рассматривать с точки зрения объектов, свойств, уровней организации живого, основных этапов и биологических парадигм.

По объектам исследования биологию подразделяют на вирусологию, бактериологию, ботанику, зоологию, антропологию.

По свойствам и проявлениям живого существует следующая классификация биологических дисциплин:

эмбриология — наука, изучающая зародышевое (эмбриональное) развитие организмов;

физиология — наука о функционировании организмов; *морфология* — наука о строении живых организмов;

молекулярная биология — наука об образе жизни сообществ растительного и животного мира, их взаимосвязях с окружающей средой;

генетика — наука о наследственности и изменчивости.

По уровню организации живых организмов выделяют:
анатомию — науку о макроскопическом строении животных и человека;

гистологию — науку о строении тканей;

цитологию — науку о строении живых клеток.

В своем развитии биология прошла длительный и трудный путь, включающий в себя три наиболее крупных этапа, принципиально различающихся между собой своей главной идеей: 1) период систематики; 2) эволюционный период; 3) период биологии микромира. Отмеченные периоды не имеют между собой четких временных границ, так же как и не имеют резких переходов. Более того, поскольку биология еще не вышла на уровень теоретических обобщений и не имеет собственной научной картины мира, она существует в трех «ипостасях» — натуралистической, физико-химической и эволюционной биологии. Каждая из них появилась в соответствующий период развития биологической науки.

2. Период систематики. Натуралистическая биология

Как и всякая естественная наука, биология начала развиваться как описательная (феноменологическая) наука о многообразных формах, видах и взаимосвязях живого мира. Главной ее задачей было изучение природы в ее естественном состоянии. Для этого наблюдались, описывались и систематизировались явления живой природы.

Идея систематики зародилась в античности. Первым систематизатором науки стал Аристотель, который собрал накопленный к его времени фактический материал и сделал первую попытку классификации животных и растений, основанную на понятии целесообразности.

Систематизации биологических знаний он посвятил ряд работ: «История животных», «О частях животных», «О возникновении животных». В них Аристотель разделил царство животных на две группы: имеющих кровь и лишенных крови. Среди имеющих кровь он выделял: четвероногих живородящих, птиц, четвероногих и безногих яйцеродящих, безногих живородящих и рыб. Соответственно лишенные крови делились на: мягких (головоногих), мягкокожих многоногих (раки), многоногих членистых и раковинных безногих (моллюски и морские ежи). Кроме того, Аристотель выделил ряд групп, переходных между этими двумя. Человеку Аристотель отвел место на вершине кровяных животных (антропоцентризм). Идеи Аристотеля пользовались непререкаемым авторитетом вплоть до Нового времени, лишь тогда они были подвергнуты проверке.

Подъем биологических наук произошел лишь в XVI в. и связан с эпохой Великих географических открытий, которые обогатили науку множеством новых фактов, собранных на вновь открытых землях. Данные факты требовали своей систематизации и классификации, которая и была предложена в трудах шведского ученого К. Линнея. Он в своей работе «Система природы» смог разработать стройную иерархию всех животных и растений.

В основе систематики Линнея лежит вид, близкие виды объединяются в роды, сходные роды — в отряды, а отряды — в классы. Кроме того, Линней ввел точную терминологию для описания растений и животных. Ему также принадлежит введение бинарной (двойной) номенклатуры: обозначение каждого вида двумя терминами — названием рода и вида по латыни. Линней точно определил соотношение между различными систематическими группами — классами, отрядами, родами, видами и подвидами, четко выделив названные таксоны и показав их иерархическую соподчиненность.

Помимо систематизации и классификации органического мира в XVIII—XIX вв. в области традиционной биологии появился еще целый ряд фундаментальных работ, считающихся классикой биологической мысли. Это 44-томный труд французского ученого Ж. Бюффона и его соавторов «Естественная история», знаменитая «Жизнь животных» А. Брема и работы Э. Геккеля по морфологии организмов.

Натуралистическая биология не утратила своего значения и в наши дни. По-прежнему продолжается изучение флоры и фауны нашей планеты, открываются и описываются новые виды. Считается, что до сих пор описано только две трети существующих видов, т.е. 1,2 млн животных, 5000 тыс. растений, сотни тысяч грибов, около 3 тыс. бактерий и т.п. Все более важной становится экология — наука, исследующая взаимоотношения организмов как между собой, так и со средой обитания. Эта наука появилась в рамках традиционной биологии, рассматривает природу как единое целое и требует к ней бережного, гуманного отношения.

3. Период микромира. Физико-химическая биология

При всех достоинствах натуралистической биологии с ее целостным подходом к изучению природы биология все же нуждалась в понимании механизмов, явлений и процессов, происходящих на разных уровнях жизни и живых организмов. Поэтому от традиционной описательной биологии ученые были вынуждены перейти к изуче-

нию анатомии и физиологии растений и животных, процессов жизнедеятельности организмов в целом и их отдельных органов, а затем — все дальше вглубь живой природы, к изучению жизни на клеточном и молекулярно-генетическом уровнях.

Основы анатомических и физиологических знаний были заложены в античности и связаны с работами Гиппократов, Герофила, Клавдия Галена и их учеников. Однако подлинное развитие данного направления биологии началось лишь в Новое время. В XVI—XVII вв. благодаря исследованиям Р. Гука, Н. Грю, Я. Гельмонта, М. Мальпиги, проводившимся с использованием микроскопа, получила развитие анатомия растений, были открыты клеточный и тканевый уровни организации растений. В биологию проникает эксперимент — искусственная гибридизация, что закладывает отдаленные предпосылки возникновения генетики.

Важно отметить, что биология в Новое время все шире использовала методы других естественных наук — более развитых физики и химии. Так в науку проникла мысль, что все явления жизни подчиняются законам физики и химии и могут быть объяснены с их помощью. Таким образом, биология все шире использует идеи редуционизма. Первое время это был лишь методологический подход, но с XIX в. можно было говорить о рождении физико-химической биологии, изучавшей жизнь на молекулярном и надмолекулярном уровнях. Большую роль в утверждении нового образа биологии сыграли ученые XIX в., использовавшие методы физики и химии в своих исследованиях: Л. Пастер, И.М. Сеченов, И.П. Павлов, И.И. Мечников и др. Необходимо также назвать основоположников клеточной теории М. Шлейдена и Т. Шванна, положивших в 1838 г. начало изучению живой клетки. Их теория привела к появлению цитологии — науки о живой клетке.

Дальнейшее изучение клеточного строения вызвало рождение генетики — науки о наследственности и изменчивости. В XX в. появилась молекулярная генетика, что вывело биологию на новый уровень анализа жизни и еще теснее сблизило ее с физикой и химией.

Объединение биологии с химией дало начало новой науке — биохимии, которая изучает структуру и свойства биомолекул одновременно с их метаболизмом в живых тканях и органах. Иными словами, биохимия анализирует изменения биомолекул внутри живого организма. Биохимикам удалось выяснить, как переносится энергия в клетке, расшифровать механизмы метаболизма (обмена веществ), установить роль мембран, рибосом и других внутриклеточных струк-

тур. Именно биохимики расшифровали структуру и определили функции белков и нуклеиновых кислот, заложив тем самым основы молекулярной генетики. Рекомендациями биохимиков сегодня пользуется медицина, фармацевтика, сельское хозяйство.

Поскольку современная химия основывается на физике, ученые стремятся объяснить биологические явления и процессы на основе физических закономерностей. В результате в 1950 г. на стыке биохимии, биологии и физики родилась новая наука — биофизика. Биофизики, рассматривая какое-либо биологическое явление, расчленяют его на несколько более элементарных, доступных для понимания актов и исследуют их физические свойства. Таким образом были объяснены механизмы мышечного сокращения, проведения нервного импульса, тайны фотосинтеза и ферментативного катализа.

С помощью биохимии и биофизики ученые смогли объединить знания о структуре и функциях организма. Но ни этим наукам, ни физико-химической биологии в целом не удается дать ответ на основной вопрос биологии — вопрос о происхождении и сущности жизни.

4. Эволюционный период. Эволюционная биология

Идея развития живой природы проникла в биологию лишь в XIX в., хотя предпосылки эволюционной биологии сформировались еще в античности. Так, в основе систематики живого у Аристотеля лежит идея лестницы существ: он расположил организмы от простого к сложному, человека при этом он поместил на вершине пирамиды животного мира. От этой идеи нужно было сделать лишь шаг к идее эволюции как развитию животного мира путем постоянного усложнения.

Начало эволюционному периоду развития биологии было положено в трудах французского биолога Ж. Б. Ламарка, предложившего **первую эволюционную теорию**. Она была изложена в его книге «Философия зоологии», вышедшей в 1809 г. Ламарк первым заговорил об изменении организмов под влиянием окружающей среды и передаче приобретенных признаков потомкам.

Значительный вклад в развитие биологии на данном этапе внесла **теория катастроф**, автором которой стал французский ученый Ж. Кювье. Он исходил из представлений о том, что природные силы, действующие сейчас и господствовавшие в прошлом, качественно отличаются друг от друга. Поэтому в прошлом периодически могли происходить глобальные природные катаклизмы, прерывающие спокойное течение геологических и биологических процессов на Земле. В результате этих глобальных катастроф почти полностью

изменялся не только облик Земли, но и ее органический мир. Причины этих катастроф наука установить не в состоянии, но можно сделать вывод, что именно катастрофы привели к появлению все более сложных органических форм.

Подлинная революция в биологии связана с появлением в 1859 г. **теории эволюции Ч. Дарвина**, изложенной им в книге «Происхождение видов путем естественного отбора». Эволюционная теория Дарвина построена на трех постулатах: изменчивости, наследственности и естественном отборе. Изменчивость, по Дарвину, — это способность организмов приобретать новые свойства и признаки и изменять их по разным причинам. Именно изменчивость является первым и главным звеном эволюции. **Наследственность** — это способность живых организмов передавать свои свойства и признаки последующим поколениям. Естественный отбор является результатом борьбы за существование и означает выживание и успешное размножение наиболее приспособленных организмов. Под действием естественного отбора группы особей одного вида из поколения в поколение накапливают различные приспособительные признаки и в результате приобретают настолько существенные отличия, что превращаются в новые виды. К сожалению, положения о наследственности и изменчивости, также входившие в эту теорию, были разработаны намного хуже. Это дало основания для серьезной критики дарвиновской теории эволюции, которая развернулась в конце XIX – начале XX вв.

Современная (синтетическая) теория эволюции появилась лишь к концу 20-х гг. XX в. Она представляла собой синтез генетики и дарвинизма. С этого времени стало возможным говорить об эволюционной биологии как о платформе, на которой происходит синтез разнородного биологического знания. Сегодняшняя эволюционная биология — это результат объединения двух потоков знания: самого эволюционного учения и знаний, полученных другими биологическими науками о процессах и механизмах эволюции. На протяжении XX в. содержание эволюционной биологии постоянно расширялось. Оно дополнено данными генетики, молекулярной биологии, цитологии, палеонтологии. Многие ученые считают, что именно эволюционная биология сможет стать фундаментом теоретической биологии, являющейся основной целью биологов XXI в.

5. Структурные уровни организации жизни

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, характеризующиеся 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.

Молекулярно-генетический уровень

Молекулярно-генетический уровень жизни — это уровень функционирования биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов) и других важных органических соединений, лежащих в основе процессов жизнедеятельности организмов. На этом уровне элементарной структурной единицей является ген, а носителем наследственной информации у всех живых организмов — молекула ДНК. Реализация наследственной информации осуществляется при участии молекул РНК. В связи с тем, что с молекулярными структурами

связаны процессы хранения, изменения и реализации наследственной информации, данный уровень называют молекулярно-генетическим.

Важнейшими задачами биологии на этом уровне являются изучение механизмов передачи генной информации, наследственности и изменчивости, исследование эволюционных процессов, происхождения и сущности жизни.

Все живые организмы имеют в своем составе простые неорганические молекулы: азот, воду, двуокись углерода. Из них в ходе химической эволюции появились простые органические соединения, ставшие, в свою очередь, строительным материалом для более крупных молекул. Так появились макромолекулы — гигантские молекулы-полимеры, построенные из множества мономеров. Существуют три типа полимеров: полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты. Мономерами для них соответственно служат моносахариды, аминокислоты и нуклеотиды.

Клеточный уровень

На клеточном уровне организации основной структурной и функциональной единицей всех живых организмов является клетка. На клеточном уровне так же, как и на молекулярно-генетическом, отмечается однотипность всех живых организмов. У всех организмов только на клеточном уровне возможны биосинтез и реализация наследственной информации. Клеточный уровень у одноклеточных организмов совпадает с организменным. История жизни на нашей планете началась с этого уровня организации.

Сегодня наукой точно установлено, что наименьшей самостоятельной единицей строения, функционирования и развития живого организма является клетка.

Клетка представляет собой элементарную биологическую систему, способную к самообновлению, самовоспроизведению и развитию, т.е. наделена всеми признаками живого организма.

Открытие существования клеток произошло в конце XVII в., когда был изобретен микроскоп. Впервые клетка была описана английским ученым Р. Гуком в 1665 г., когда он рассматривал кусочек пробки. Среди создателей клеточной теории следует также назвать А. Левенгука, показавшего, что ткани многих растительных организмов построены из клеток. Он же описал эритроциты, одноклеточные организмы и бактерии. Правда, Левенгук, как и другие исследователи XVII в., видел в клетке лишь оболочку, заключавшую

в себе полость. В 1830-е гг. было открыто и описано клеточное ядро, что привлекло внимание ученых к содержимому клетки. Тогда же удалось увидеть деление растительных клеток. На основе этих исследований и была создана клеточная теория, ставшая величайшим событием в биологии XIX в. Именно клеточная теория дала решающие доказательства единства всей живой природы, послужила фундаментом для развития эмбриологии, гистологии, физиологии, теории эволюции, а также понимания индивидуального развития организмов.

Мощный толчок цитология получила с созданием генетики и молекулярной биологии. После этого были открыты новые компоненты, или оргanelлы, клетки — мембрана, рибосомы, лизосомы и др.

По современным представлениям, клетки могут существовать как самостоятельные организмы (например, простейшие), так и в составе многоклеточных организмов, где есть половые клетки, служащие для размножения, и соматические клетки (клетки тела). Соматические клетки различаются по строению и функциям — существуют нервные, костные, мышечные, секреторные клетки.

Установлено, что несмотря на большое разнообразие клеток и выполняемых ими функций, клетки всех живых организмов сходны по химическому составу: особенно велико в них содержание водорода, кислорода, углерода и азота (эти химические элементы составляют более 98 % всего содержимого клетки); 2 % приходится на примерно 50 других химических элементов.

Онтогенетический уровень. Многоклеточные организмы

Основной единицей жизни на онтогенетическом уровне выступает отдельная особь, а элементарным явлением является онтогенез. Биологическая особь может быть как одноклеточным, так и многоклеточным организмом, однако в любом случае она представляет собой целостную, самовоспроизводящуюся систему.

Онтогенезом называется процесс индивидуального развития организма от рождения через последовательные морфологические, физиологические и биохимические изменения до смерти, процесс реализации наследственной информации.

Минимальной живой системой, кирпичиком жизни является клетка, изучением которой занимается цитология. Функционирование и развитие многоклеточных живых организмов составляет предмет физиологии. В настоящее время не создана единая теория онтогенеза, поскольку не установлены причины и факторы, опреде-

ляющие индивидуальное развитие организма. Все многоклеточные организмы делятся на три царства: грибы, растения и животные. Жизнедеятельность многоклеточных организмов, а также функционирование их отдельных частей изучается физиологией.

Процесс онтогенеза описывается на основе знаменитого биогенетического закона, сформулированного Э. Геккелем, автором термина «онтогенез». Биогенетический закон утверждает, что онтогенез в краткой форме повторяет филогенез, т.е. отдельный организм в своем индивидуальном развитии в сокращенной форме проходит все стадии развития своего вида. Таким образом, онтогенез представляет собой реализацию наследственной информации, закодированной в зародышевой клетке, а также проверку согласованности всех систем организма во время его работы и приспособления к окружающей среде.

Популяционно-видовой уровень

Популяционно-видовой уровень — это надорганизменный уровень жизни, основной единицей которого является популяция.

Популяция — совокупность особей одного вида, относительно изолированных от других групп этого же вида, занимающих определенную территорию, воспроизводящую себя на протяжении длительного времени и обладающую общим генетическим фондом.

В отличие от популяции *видом* называется совокупность особей, сходных по строению и физиологическим свойствам, имеющих общее происхождение, могущих свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство. Вид существует только через популяции, представляющие собой генетически открытые системы. Изучением популяций занимается популяционная биология.

Термин «популяция» был введен одним из основоположников генетики В. Иогансеном, который назвал так генетически неоднородную совокупность организмов, отличную от однородной совокупности — чистой линии. Позднее популяция стала считаться целостной системой, непрерывно взаимодействующей с окружающей средой, способной к трансформации и развитию.

Популяции — генетически открытые системы, так как изоляция популяций не абсолютна и периодически бывает возможным обмен генетической информацией. Именно популяции выступают в качестве элементарных единиц эволюции, изменения их генофонда ведут к появлению новых видов.

Биоценотический уровень

Популяции, представляющие первый надорганизменный уровень живого, являющиеся элементарными единицами эволюции, способными к самостоятельному существованию и трансформации, объединяются в совокупности следующего надорганизменного уровня — биоценозы.

Биоценоз — совокупность всех организмов, населяющих участок среды с однородными условиями жизни, например лес, луг, болото и т.д. Иными словами, биоценоз — это совокупность популяций, проживающих на определенной территории.

Биоценоз представляет собой закрытую систему для чужих популяций, для составляющих его популяций — это открытая система. Составляющие биоценоз популяции находятся в очень сложных отношениях. Обычно биоценозы состоят из нескольких популяций и являются составным компонентом более сложной системы — биогеоценоза.

Биогеоценотический уровень

Биогеоценоз — сложная динамическая система, представляющая собой совокупность биотических и абиотических элементов, связанных между собой обменом вещества, энергии и информации, в рамках которой может осуществляться круговорот веществ в природе.

Это означает, что биогеоценоз — устойчивая система, которая может существовать на протяжении длительного времени. Равновесие в живой системе динамично, т.е. представляет собой постоянное движение вокруг определенной точки устойчивости. Для стабильного функционирования живой системы необходимо наличие обратных связей между ее управляющей и управляемой подсистемами. Такой способ поддержания динамического равновесия называется *гомеостазом*. Нарушение динамического равновесия между различными элементами биогеоценоза, вызванное массовым размножением одних видов и сокращением или исчезновением других, приводящее к изменению качества окружающей среды, называют *экологической катастрофой*.

Термин «биогеоценоз» был предложен в 1940 г. русским ботаником В.Н. Сукачевым, который обозначил этим термином совокупность однородных природных явлений (атмосферы, горных пород, водных ресурсов, растительности, животного мира, почвы), распространенных на некотором протяжении земной поверхности, имеющих определенный тип обмена веществом и энергией между ними и окружающими элементами, представляющих противоречивое един-

ство. Представляя собой единство живого и неживого, биогеоценоз находится в постоянном движении и развитии, поэтому меняется с течением времени.

Биогеоценоз — это целостная саморегулирующаяся система, в которой выделяют несколько типов (уровней) подсистем. Через эти уровни в биогеоценозе проходит круговорот веществ — жизнь участвует в использовании, переработке и восстановлении различных структур. Круговорот энергии при этом не происходит: с одного уровня на другой, более высокий, переходит около 10 % энергии, поступившей на предыдущий уровень. Обратный поток не превышает 0,5 %. Иными словами, в биогеоценозе существует однонаправленный энергетический поток. Это делает его незамкнутой системой, неразрывно связанной с соседними биогеоценозами. Данная связь проявляется в разных формах: газообразной, жидкой, твердой, а также в форме миграции животных.

Саморегуляция биогеоценозов протекает тем успешнее, чем разнообразнее количество составляющих его элементов. От многообразия компонентов зависит устойчивость биогеоценозов. Выпадение одного или нескольких компонентов может привести к необратимому нарушению равновесия биогеоценоза и гибели его как целостной системы.

Биогеоценозы — структурные элементы следующего надорганизменного уровня жизни. Они составляют биосферу и обуславливают все процессы, протекающие в ней.

Биосферный уровень

Биосферный уровень — наивысший уровень организации жизни, охватывающий все явления жизни на нашей планете.

Биосфера — это живое вещество планеты (совокупность всех живых организмов планеты, включая человека) и преобразованная им окружающая среда.

Биотический обмен веществ — это фактор, который объединяет все другие уровни организации жизни в одну биосферу.

На биосферном уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле. Таким образом, биосфера является единой экологической системой. Изучение функционирования этой системы, ее строения и функций — важнейшая задача биологии. Занимаются изучением этих проблем экология, биоценология и биогеохимия.

В системе современного научного мировоззрения понятие биосферы занимает ключевое место. Сам термин «биосфера» появился в 1875 г. Он был введен австрийским геологом и палеонтологом

Э. Зюссом для обозначения самостоятельной сферы нашей планеты, в которой существует жизнь

Однако одним из первых вопросов о влиянии живых организмов на геологические процессы рассмотрел Ж. Б. Ламарк в книге «Гидрогеология» (1802). В частности, Ламарк говорил о том, что все вещества, находящиеся на поверхности Земли и образующие ее кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов. Затем был грандиозный многотомный труд А. Гумбольдта «Космос» (первая книга вышла в 1845 г.), в котором множество фактов доказывало взаимодействие живых организмов с теми земными оболочками, в которые они проникают. Поэтому Гумбольдт рассматривал в качестве единой оболочки Земли, целостной системы атмосферу, гидросферу и сушу с обитающими в них живыми организмами.

Разработка учения о биосфере неразрывно связана с именем выдающегося русского ученого В.И. Вернадского. Его концепция складывалась постепенно, от первой студенческой работы «Об изменении почвы степей грызунами» к «Живому веществу», «Биосфере» и «Биогеохимическим очеркам». Итоги его размышлений были подведены в работах «Химическое строение биосферы Земли» и «Философские мысли натуралиста», над которыми он работал в последние десятилетия своей жизни. Именно Вернадскому удалось доказать связь органического мира нашей планеты, выступающего в виде единого нераздельного целого, с геологическими процессами на Земле, именно он открыл и изучил биогеохимические функции живого вещества.

Ключевым понятием в концепции Вернадского стало понятие *живого вещества*, под которым ученый понимал совокупность всех живых организмов нашей планеты, включая человека. В состав живого вещества он включал также часть окружающей его внешней среды, необходимой для поддержания нормальной жизнедеятельности организмов; выделения и части, теряемые организмами; умершие организмы, а также органические смеси, находящиеся вне организмов. Важнейшим отличием живого вещества от косной материи Вернадский считал молекулярную дисимметрию живого, открытую в свое время Пастером (молекулярную хиральность согласно современной терминологии). Используя это понятие, Вернадскому удалось доказать, что не только окружающая среда влияет на живые организмы, но и жизнь способна действенно формировать среду своего обитания. Действительно, на уровне отдельного организма или биоценоза влияние жизни на окружающую среду проследить очень сложно. Но,

введя новое понятие, Вернадский вышел на качественно новый уровень анализа жизни и живого — биосферный уровень.

Биосфера, согласно Вернадскому, — это живое вещество планеты (совокупность всех живых организмов Земли) и преобразованная им среда обитания (косное вещество, абиотические элементы), в которую входят гидросфера, нижняя часть атмосферы и верхняя часть земной коры. Таким образом, это не биологическое, геологическое или географическое понятие, а фундаментальное понятие биогеохимии — новой науки, созданной Вернадским для изучения геохимических процессов, проходящих в биосфере при участии живых организмов. В новой науке биосферой стали называть один из основных структурных компонентов организованности нашей планеты и околоземного космического пространства. Это сфера, в которой осуществляются биоэнергетические процессы и обмен веществ вследствие деятельности жизни.

Благодаря новому подходу Вернадский исследовал жизнь как могучую геологическую силу, действенно формирующую облик Земли. Живое вещество стало тем звеном, которое соединило историю химических элементов с эволюцией биосферы. Введение нового понятия также позволяло поставить и решить вопрос о механизмах геологической активности живого вещества, источниках энергии для этого.

Живое вещество и косное вещество постоянно взаимодействуют в биосфере Земли — в непрерывном круговороте химических элементов и энергии. Вернадский писал о биогенном токе атомов, который вызывается живым веществом и выражается в постоянных процессах дыхания, питания и размножения. Например, круговорот азота связан с превращением в нитраты молекулярного азота атмосферы. Нитраты усваиваются растениями и в составе их белков попадают к животным. После смерти растений и животных их тела оказываются в почве, где гнилостные бактерии разлагают органические останки до аммиака, который затем окисляется в азотную кислоту.

На Земле идет непрерывное обновление биомассы (за 7—8 лет), при этом в круговорот вовлекаются абиотические элементы биосферы. Например, воды Мирового океана прошли через биогенный цикл, связанный с фотосинтезом, не менее 300 раз, свободный кислород атмосферы обновлялся не менее 1 млн раз.

Также Вернадский отмечал, что биогенная миграция химических элементов в биосфере стремится к своему максимальному проявлению, а эволюция видов ведет к появлению новых видов, увеличивающих биогенную миграцию атомов.

Вернадский также впервые отметил, что живое вещество стремится к максимальному заселению среды обитания, причем количество живого вещества в биосфере остается стабильным на протяжении целых геологических эпох. Эта величина не менялась, по крайней мере, последние 60 млн лет. Количество видов при этом также оставалось неизменным. Если в каком-то месте Земли количество видов убавляется, то в другом месте — прибавляется. В наши дни исчезновение огромного числа видов растений и животных связано поэтому с распространением человека и его неразумной деятельностью по преобразованию природы. Население Земли растет за счет гибели других видов.

Благодаря биогенной миграции атомов живое вещество выполняет свои геохимические функции. Современная наука классифицирует их по пяти категориям:

- **концентрационная функция** — выражается в накоплении определенных химических элементов как внутри, так и вне живых организмов благодаря их деятельности. Результатом стало появление запасов полезных ископаемых (известняки, нефть, газ, уголь и т.д.);
- **транспортная функция** — тесно связана с концентрационной функцией, так как живые организмы переносят нужные им химические элементы, которые затем накапливаются в местах их обитания;
- **энергетическая функция** — обеспечивает потоки энергии, пронизывающие биосферу, что дает возможность осуществлять все биогеохимические функции живого вещества. Важнейшую роль в этом процессе играют фотосинтезирующие растения, преобразующие солнечную энергию в биогеохимическую энергию живого вещества биосферы. Эта энергия тратится на все грандиозные преобразования облика нашей планеты;
- **деструктивная функция** — связана с разрушением и переработкой органических останков, в ходе которых накопленные организмами вещества возвращаются в природные циклы, идет круговорот веществ в природе;
- **средообразующая функция** — проявляется в преобразовании окружающей среды под действием живого вещества. Мы можем смело утверждать, что весь современный облик Земли — состав атмосферы, гидросферы, верхнего слоя литосферы, большая часть полезных ископаемых, климат — являются результатом действия Жизни. Так, зеленые растения обеспечивают Землю кислородом и накапливают энергию, микроорганизмы участвуют в минерализации органических веществ, образовании ряда горных пород и почвообразовании.

При всей грандиозности задач, которые решают живое вещество и биосфера Земли, сама биосфера (по сравнению с другими геосферами) представляет собой очень тонкую пленку. Сегодня принято считать, что в атмосфере микробная жизнь имеет место примерно до высоты 20—22 км над земной поверхностью, а наличие жизни в глубоких океанических впадинах опускает эту границу до 8–11 км ниже уровня моря. Углубление жизни в земную кору много меньше, и микроорганизмы обнаружены при глубинном бурении и в пластовых водах не глубже 2–3 км. В состав биосферы Вернадский включал:

- живое вещество;
- биогенное вещество — вещество, создаваемое и перерабатываемое живыми организмами (каменный уголь, нефть, газ и т.д.);
- косное вещество, образованное в процессах без участия живого вещества;
- вещества, создаваемые живыми организмами и косными процессами, и их динамическое равновесие;
- вещества, находящиеся в процессе радиоактивного распада;
- рассеянные атомы, выделяющиеся из земного вещества под влиянием космических излучений;
- вещество космического происхождения, включающее отдельные атомы и молекулы, проникающие на Землю из космоса.

Разумеется, жизнь в биосфере распространена неравномерно, существуют так называемые сгущения и разрежения жизни. Наиболее густо населены нижние слои атмосферы (50 м от земной поверхности), освещенные слои гидросферы и верхние слои литосферы (почва). Также следует отметить, что тропические области заселены намного плотнее, чем пустыни или ледяные поля Арктики и Антарктики. Глубже в земную кору, в океан, а также выше в атмосферу количество живого вещества уменьшается. Таким образом, эта тончайшая пленка жизни покрывает абсолютно всю Землю, не оставляя ни одного места на нашей планете, где бы не было жизни. При этом нет резкой границы между биосферой и окружающими ее земными оболочками.

Долгое время идеи Вернадского замалчивались. Вновь к ним вернулись лишь в середине 1970-х гг. Во многом это произошло благодаря трудам российского биолога Г.А. Заварзина, который доказал, что основным фактором становления и функционирования биосферы были и остаются многосторонние трофические связи. Они установились не менее чем 3,4–3,5 млрд лет назад и с тех пор определяют характер и масштабы круговорота элементов в оболочках Земли.

В начале 1980-х гг. английским химиком Дж. Лавлоком и американским микробиологом Л. Маргулис была предложена очень интересная концепция Геи-Земли. Согласно ей биосфера представляет собой единый суперорганизм с развитым гомеостазом, делающим его относительно независимым от флуктуации внешних факторов. Но если саморегулирующаяся система Геи-Земли попадает в состояние стресса, близкое к границам саморегуляции, даже маленькое потрясение может толкнуть ее к переходу в новое состояние или даже к полному уничтожению системы. В истории нашей планеты уже не раз случались такие глобальные катастрофы. Самой известной из них является исчезновение динозавров около 60 млн лет назад. Сейчас Земля вновь переживает глубокий кризис, поэтому так важно продумать стратегию дальнейшего развития человеческой цивилизации.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается в биологии идея систематики?
2. Какие основные достижения натуралистической биологии?
3. Какие вопросы затрагивает молекулярно-генетический уровень?
4. Что изучает физико-химическая биология?
5. Что изучает наука генетика?
6. Каковы основные положения первой эволюционной теории?
7. В чем суть теории катастроф?
8. Каковы основные понятия, положения и принципы эволюционной теории Ч. Дарвина?
9. Каковы основные положения синтетической теории эволюции? В чем отличие синтетической теории эволюции от классического дарвинизма?
10. Какие уровни организации живого Вы знаете?
11. Каковы общие признаки или свойства живого на Земле?
12. Что означают понятия филогенез и онтогенез?
13. Что изучает онтогенетический уровень организации жизни на Земле?
14. Что такое клетка? Каковы ее функции и организация?
15. Что такое вид и популяция? Чем они отличаются друг от друга?
16. Почему популяцию стали считать элементарной единицей эволюции?
17. Что понимал под термином «биосфера» В. И. Вернадский?
18. Как происходило формирование биосферы согласно воззрениям Вернадского?

19. Что такое живое вещество, косное, биогенное и биокосное вещество биосферы?

20. Каковы основные биогеохимические функции живого вещества по теории Вернадского?

21. Что является предметом изучения экологии?

22. Что подразумевается под биоценотическим уровнем организации живого?

23. В чем смысл концепции Геи-Земли?

ЛЕКЦИЯ 7

Человек как биосоциальное существо

План

1. Человек как предмет естественнонаучного познания.
2. Проблема появления человека на Земле. Различия и сходство человека и животных.
3. Человек как единство биологического и социального.

1. Человек как предмет естественнонаучного познания

Как нам уже известно, естествознание изучает природу как она есть, а гуманитарные науки изучают продукты творческой деятельности человека. В каком смысле, учитывая это разделение, можно говорить о человеке, как предмете естествознания? Во-первых, по своему происхождению и, во-вторых, по своей природе, т.е. биологической природе своего существования, человека можно рассматривать и как физическое тело, и как биологическое существо.

В настоящее время в науке утвердилось представление, что человек — биосоциальное существо, соединяющее в себе биологическую и социальную компоненты. Более того, человека можно рассматривать как единство биологического, социального и духовного.

Человеческое био — это его тело, обменные процессы в организме, наследственные механизмы и способности, потребность в пище, инстинкт продолжения рода, т.е. все то, что роднит его с животным.

Социальное и духовное в человеке — это то, что отличает его от животного. Социальность человека включает в себя способность к целенаправленной умственной и трудовой деятельности, форми-

рование сознания и речи, культуру. Язык человека является важнейшим фактором его социализации. Он диктует человеку нормы поведения, мышления и социального поведения.

Духовное в человеке — это его совесть, вера, постижение им высших и абсолютных нравственных ценностей и постепенное восхождение к ним, это способность к самопожертвованию ради других. В животном мире волчица также защищает своих волчат, но только своих. Человек же жертвует собой ради совсем незнакомых ему людей. Следует отметить, что духовное — это также следствие социализации человека.

Еще в античной философии много внимания уделялось определению природы человека. Киники видели ее в естественном образе жизни и ограничении желаний и материальных потребностей, стоики — в разуме. В западной философии, особенно в марксизме, на передний план выдвинулось представление о социальной сущности человека.

Человек как предмет естественнонаучного познания может рассматриваться в трех аспектах: 1) происхождение; 2) соотношение в нем естественного и гуманитарного; 3) изучение специфики человека методами естественнонаучного познания. Первое направление, которое традиционно называют антропологией, изучает, когда, от кого и как произошел человек и чем он отличается от животных; второе направление — социобиология — изучает генетическую основу человеческой деятельности и соотношение физиологического и психического в человеке; к третьему направлению относится изучение естественнонаучным путем мозга человека, его сознания и т.п.

2. Проблема появления человека на Земле.

Различия и сходство человека и животных

В науке имеется немало проблем, которые вызывают острые споры. В числе таких находится проблема происхождения человека. Большинство концепций и гипотез по данной проблеме замыкаются в очень ограниченном круге причин и предпосылок; человек произошел от Бога и явился продуктом и высшим результатом акта его творения; человек и обезьяна имели общего предка и явились результатом естественной эволюции видов; человек имеет космическое, инопланетное происхождение. Сторонников первой концепции называют креационистами, второй — эволюционистами, третьей — космистами.

О своем происхождении человек задумался в глубокой древности. У многих первобытных племен были распространены представления о том, что их предки произошли от животных или растений (на этом основано представление о тотемах). В античности высказывались мысли о естественном прохождении людей из ила (Анаксимандр). Тогда же обратили внимание на сходство обезьяны и человека (Ганнон из Карфагена).

В настоящее время весьма популярны версии о происхождении человека от внеземных существ, посещавших Землю.

В науке с XIX в. господствует (вытекающая из теории эволюции Ч. Дарвина) концепция происхождения человека от высокоразвитых предков современных обезьян. В XX веке она получила генетическое подтверждение, поскольку из всех животных по генетическому аппарату ближе всего к человеку оказались шимпанзе. Человекообразные обезьяны, как выяснилось, обладают теми же группами крови, что и человек. Антигенный состав крови человека, шимпанзе и гориллы одинаков и можно, соблюдая групповую совместимость, переливать кровь обезьяны человеку.

Наука о человеке называется антропология, однако человека изучает множество наук, как естественных, так и гуманитарных. Поэтому за антропологией в узком смысле слова осталась проблема происхождения человека и определения специфики его строения и эволюции. Процесс историко-эволюционного формирования физического типа человека, первоначальное развитие его трудовой деятельности и речи называется антропогенезом. Бурное развитие антропология получила во второй половине XIX века, после создания Ч. Дарвином теории эволюции. Э. Геккель выдвинул гипотезу о существовании в прошлом промежуточного между обезьяной и человеком вида, который он назвал питекантропом (буквально — обезьяночеловек). Он же предположил, что не современные обезьяны были предками человека, а дриопитеки (древесные обезьяны), которые жили в середине третичного периода (70 млн лет назад). От них одна линия эволюции пошла к шимпанзе и гориллам, другая — к человеку. 20 млн лет назад под влиянием похолодания джунгли отступили и одной из ветвей дриопитеков пришлось спуститься с деревьев и перейти к прямохождению (рамапитеки, останки которых найдены в Индии и названы в честь бога Рамы).

В 1960 г. английский археолог Л. Лики открыл в Восточной Африке «человека умелого», возраст которого 2 млн лет. Объем его мозга со-

ставлял 670 кубических см. В этих же слоях были обнаружены орудия труда из расколотой речной гальки, заостренной при помощи нескольких сколов. Позже на озере Рудольф в Кении были найдены останки существ того же типа возрастом 5,5 млн лет. Наличие сделанных орудий труда (если по этому факту судить о становлении человека) дало основания считать его возраст более солидным.

После этого укрепилось мнение, что именно в Восточной Африке в четвертичном периоде кайнозойской эры произошло разделение человека и человекообразных обезьян. Современные ученые объясняют этот факт тем, что в Восточной Африке отмечены выходы урановых пород и зафиксирована повышенная радиация, что, как доказано генетикой, вызывает мутации. Следовательно, здесь эволюционные изменения могли протекать более быстрыми темпами. Возникший вид, физически более слабый, чем окружающие его, должен был, чтобы выжить, начать изготавливать орудия, вести общественный образ жизни. Это способствовало развитию разума как мощного инструмента слабого от природы существа, не обладающего достаточными естественными органами защиты.

Человека умелого относят к австралопитекам (букв. «южная обезьяна»), останки которых впервые найдены в Африке в 1924 г. Объем мозга австралопитека не превышал объема мозга человекообразных обезьян, но, по мнению ученых, этого было достаточно для создания орудий труда. В результате создания орудий труда австралопитек преодолевал противоречия между своей естественной слабостью и опасным существованием.

В 1891 г. на острове Ява были обнаружены останки питекантропа, предсказанного Э. Геккелем. Существа, жившие 0,5 млн лет назад, имели рост более 150 см, объем мозга был примерно 900 куб. см. Они применяли ножи, сверла, скребки, ручные рубила. В 20-е гг. XX в. в Китае был найден синантроп (китайский человек) с близким к питекантропу объемом мозга. Он использовал огонь и сосуды, но еще не обладал речью.

В 1856 г. в долине Неандерталь в Германии обнаружили останки существа, жившего 150–140 тыс. лет назад, названного неандертальцем. Он имел объем мозга, сравнимый с мозгом современного человека; покатый лоб, надбровные дуги, низкую черепную коробку. Неандерталец жил в пещерах, охотился на мамонтов. Умерших сородичей неандертальцы хоронили. Это было отмечено впервые в эволюции рода «Хомо».

В 1868 г. в пещере Кро-Маньон во Франции были найдены останки существа, близкого по облику и объему черепа (до 1600 куб. см.) к современному человеку, имевшему рост 180 см. Возраст его определен с 40 до 15 тыс. лет. Это «человек разумный». В ту же эпоху появились расовые различия. У изолированных групп складывались особые признаки (к примеру, светлая или темная кожа).

Итак, линия эволюции человека выстраивается следующим образом: «человек умелый» (австралопитек), «человек прямоходящий» (питекантроп и синантроп), «человек неандертальский», «человек разумный» (кроманьонец). После кроманьонца человек не изменялся генетически, тогда как его социальная эволюция продолжалась.

Антропологи начала XXI в. утверждают, что человек современного типа возник более 100 тыс. лет тому назад в Восточной Африке. Эта гипотеза получила название «Ноева ковчега», потому что, по Библии, все расы и народы произошли от трех сыновей Ноя — Сима, Хама и Иафета. В соответствии с этой версией питекантроп, синантроп и неандерталец (его возраст увеличивают до 250 тыс. лет) — не предки современного человека, а различные группы гоминид (человекообразных существ), вытесненных «человеком прямоходящим» из Восточной Африки. В пользу данной гипотезы свидетельствуют генетические исследования, которые, правда, не всеми антропологами и палеонтологами признаются надежными.

Альтернативная точка зрения мультирегиональной эволюции человечества (М. Уолпофф) утверждает, что только архаичные люди возникли в Африке, а современные — там, где они живут сейчас. Человек покинул Африку не менее 1 млн лет назад. Эта гипотеза основывается на палеонтологическом сходстве между современными и далекими предками, живущими в местах их обитания.

Справедливость этих гипотез весьма относительна, поскольку палеонтологическая летопись неполна и промежуточные виды до сих пор в полном объеме не известны.

Чем же отличается человек от всех других видов живых существ? Следует отметить, что эти отличия фундаментальны. Самая существенная разница — это наличие разума. Головной мозг человека имеет сложную иерархическую структуру. Кора головного мозга включает в себя сенсорную, двигательную и ассоциативную части. Имеет место асимметрия правого и левого полушарий го-

ловного мозга. Левое полушарие «отвечает» за речь, письмо и выработку стратегий двигательных актов; при его повреждении возникают маниакальные идеи. Правое полушарие распознает зрительные и слуховые образы, выражает эмоции; при его патологии развивается сенсорный и эмоциональный негативизм. Оба полушария обладают взаимодополняющей специализацией.

Изучение высших животных показало, что они обладают многим из того, на что раньше считались способными только люди. Эксперименты с обезьянами обнаружили, что они могут понимать слова, сообщать с помощью компьютера о своих желаниях, и с ними можно вести таким образом диалог. Однако ни одно животное не обладает способностью к понятийному мышлению, т.е. формированию отвлеченных, абстрактных представлений о предметах, в которых обобщены основные свойства конкретных вещей. Мышление животных, если о таковом можно говорить, всегда конкретно; мышление человека может быть абстрактным, отвлеченным, обобщающим, понятийным, логичным.

Чем выше способность к понятийному мышлению, тем выше интеллект человека. Деятельность человека отличается от активности животного тем, что она целеполагающая: еще до начала какой-либо работы человек, в отличие от животных, имеет план, проект, модель того, что он хочет сделать. Благодаря способности к понятийному мышлению человек сознает, что он делает, он познает и понимает мир.

Вторым главным отличием является то, человек обладает речью. Опять-таки, у животных может быть очень развита система общения с помощью сигналов (что позволило говорить о «цивилизации дельфинов»). Но только у человека есть то, что И.П. Павлов назвал второй сигнальной системой (в отличие от первой — у животных) — общение с помощью слов. Умение говорить биологически не заложено и не передается генетически, каждого человека нужно научить разговаривать. Человек формулирует и высказывает свои мысли на каком-либо языке.

Еще одно фундаментальное отличие человека от животных — способность к труду. Как выяснили ученые, высшие животные также способны к высшим видам деятельности. Обезьяны, к примеру, используют палки в виде орудий для доставания плодов. Но только человек способен изготавливать, творить орудия труда. С этим

связаны утверждения, что животные приспособляются к окружающей среде, а человек преобразует ее. Эта точка зрения подробно изложена в статье Ф. Энгельса «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека», которая являлась одной из глав его работы «Диалектика природы». По мнению Ф. Энгельса, труд является первым и основным условием всей человеческой жизни. В известном смысле можно сказать, что труд создал человека.

Со способностью к труду связаны еще два отличительных признака человека: прямохождение, которое освободило его руки, и как следствие — развитие руки, особенно большого пальца на ней.

Кроме этого, человека отличают от животного еще два признака, повлиявшие на развитие культуры, — использование огня и захоронение трупов.

А теперь отметим то, что роднит человека с остальными животными. Сходство человека и животных определяется, во-первых, вещественным составом, строением и поведением организмов. Человек состоит из тех же белков и нуклеиновых кислот, что и животные, и многие структуры и функции нашего тела такие же, как и у животных. Чем выше на эволюционной шкале стоит животное, тем больше его сходство с человеком. В этой лекции уже рассматривалась идентичность групп крови человека и приматов. Во-вторых, человеческий зародыш проходит в своем развитии те стадии, которые прошла эволюция живого. В третьих, у человека имеются рудиментарные органы, которые выполняли важные функции у животных и сохранились у человека, хотя не нужны ему (например, аппендикс).

Если сравнить то, что роднит человека и животных с тем, что отличает, можно сделать вывод, что главные отличия человека от животных — понятийное мышление, речь, труд — стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

3. Человек как единство биологического и социального

Современное естествознание полагает, что общей предпосылкой возникновения человечества выступило длительное историческое развитие природы. Пьедесталом формирования человечества выступило длительное историческое развитие органического (биологического) мира в его единстве с геологическими, географическими, климатическими, физико-химическими, космическими и другими неорганическими (абиотическими) системами. В соответствии с со-

временной теорией эволюции историческое развитие биологических организмов определяется рядом эволюционных факторов (мутационными процессами, популяционными волнами, изоляцией, естественным отбором и т.д.), включенных во взаимодействие с абиотическими системами природы. Эволюция действует не на отдельного индивида, а на популяцию. Через последовательную смену поколений сохраняются и утверждаются те признаки, которые оказываются удобными в данных условиях среды. Такое взаимодействие абиотических систем с эволюционными факторами определяло предпосылки и протекание антропосоциогенеза — исторически длительного процесса становления человека из биологического существа в социальное и культурное. Антропосоциогенез представляет собой неразрывное единство уже рассмотренного нами антропогенеза и социогенеза (процесса формирования общества).

В антропологической науке считается, что социогенез есть сущность антропогенеза, это две неразрывно связанные стороны единого процесса.

Абиотические предпосылки формирования антропосоциогенеза лучше всего изучены в том, что касается геологического, географического и климатического фона, на котором возник человек. Меньше изучены космические и физико-химические факторы, которые, безусловно, оказывали большое влияние на процесс антропогенеза.

Становление человека происходило в последний период кайнозойской эры истории Земли, в конце эпохи неогена. Геологические процессы — важная часть абиотической среды, изменения которой определяли развитие органических видов. Геологические предпосылки антропосоциогенеза включают в себя оледенения и потепления, усиленный вулканизм, сейсмические и тектонические процессы, повышение уровня радиоактивности (в результате землетрясений, горообразования, тектонических разломов коры и т.д.), изменение магнитного поля Земли (за последние 5 млн лет магнитные полюсы Земли менялись четыре раза) и т.д.

Географические предпосылки включают в себя прежде всего изменение очертаний материков и морей. Ученые считают, что еще в плейстоцене Британские острова соединялись с Европой, острова малайского архипелага с Азиатским континентом, Азиатский континент с Американским и т.д. Это способствовало миграции животных, расселению их на земле.

К абиотическим предпосылкам антропосоциогенеза следует отнести также влияние космических (ритмы солнечной активности, влияние космических лучей и т.д.) и физико-химических (состав атмосферы, радиационный фон и т.д.) факторов.

Главная роль абиотических факторов в антропосоциогенезе состояла в том, что они, будучи мощным генератором мутационных процессов, средством интенсивной рекомбинации генофонда (слияние пар хромосом либо их выпадение и т.д.), поставляли разнообразный элементарный эволюционный материал для естественного отбора, ускоряя происхождение новых видов животных. Абиотическая среда была такой, что, с одной стороны, она не оказывала чересчур сильного давления на предков человека и ранних людей, которое могло бы привести к их полному вымиранию (хотя многие виды обезьян третичного периода, несомненно, вымерли). С другой стороны, полное господство предков человека в своей экологической нише, отсутствие конкуренции в борьбе за существование тоже имело бы негативные последствия — отсутствие стимулов биологической эволюции, развитие в направлении узкой специализации, закрытие выходов на путь гоминидной, человеческой эволюции и т.д.

Человек и общество прошли долгий путь развития, составляющий, по последним данным, несколько миллионов лет. Помимо эволюции человека как биологического вида, можно говорить об эволюции культуры, т.е. искусственной среды, создаваемой человеком. Для удобства изучения становления древней культуры была предложена шкала, которая основывалась на материале, из которого изготавливались орудия труда. Выделен каменный век — эпоха применения каменных орудий, а в его пределах — палеолит (древнекаменный век), мезолит (среднекаменный век) и неолит (новокаменный век).

Самый продолжительный период истории занимает палеолит, который, по мнению ученых, продолжался около 2 млн лет. Во время раннего палеолита происходит процесс становления человека (антропогенез). В этот период человек начал применять галечные орудия труда, рубила и чоперы (большие галечные орудия, оббитые с одной стороны). Также следует отметить появление в позднем палеолите пещерного искусства у «человека разумного». В позднем палеолите начинает складываться первобытная родовая

община, т.е. началась социальная революция, происходит процесс становления общества (социогенез). Род — дисциплинированный и организованный коллектив, создавший постоянные условия жизни. Отныне главным становится не приспособление к среде, а адаптация к законам и нормам коллектива. В мезолите преобладал охотничье-собираТЕЛЬНЫЙ тип общественного устройства. Важное событие, получившее название неолитической революции, произошло в неолите — одомашнивание диких животных, переход к выращиванию растений и оседлому образу жизни (свайные постройки). Из охотничье-собираТЕЛЬСКОГО хозяйства превратилось в производящее скотоводческо-земледельческое. Виды домашних животных и культурных растений, выведенные с помощью искусственного отбора и гибридизации, гончарное производство, ткачество, металлургия и другие результаты неолитической революции широко используются поныне.

Следующие стадии культуры традиционно называются бронзовый и железный века. Между каменным и бронзовым веком располагается энеолит — медно-каменный век, который открывает эпоху металла и цивилизаций. Все эти периоды имели свою датировку, однако потом выяснилось, что это скорее стадии развития отдельной культуры. Последовательность смены «веков» не везде соблюдается, и в целом данная схема ныне признается неудовлетворительной, хотя ничего лучшего пока не предложено. Однако бесспорно, что изготовления орудий труда начинается процесс становления материальной культуры, а это означает активное преобразование природы человеком.

Совершенно очевидно, что биологическое и социальное относительно гармонично связаны между собой, образуя социального человека, личность. Наука, которая ставит своей задачей изучить это взаимодействие, называется социобиология. Ее возникновение связывают с выходом в 1975 г. книги американского энтомолога Э.О. Уилсона «Социобиология: новый синтез». Автор пытается по-новому рассматривать проблемы морали, свободы, альтруизма, эгоизма и других свойств человека, широко используя выводы, полученные при изучении животных, экстраполируя их на поведение человека. Здесь имеет место биологический редукционизм, т.е. сложное сводится к более простому: антропология — к биологии, а сама биология — к молекулярной генетике. Представители со-

циобиологии считают, что существенные изменения в понимании природы человека вносит теория генно-культурной коэволюции, в соответствии с которой процессы органической (генной) эволюции человека осуществляются совместно. Культура и гены в этой эволюции связаны между собой неразрывно. Социобиологи считают, что главная роль принадлежит генам: именно они являются конечными причинами поступков и действий человека. Задачу социобиологии Э.О. Уилсон понимает как изучение биологических основ всех форм социального поведения у всех животных, включая человека: «Социобиология изучает биологические основы всех форм общественного поведения, включая человека». Он утверждает, что у человека не может быть никаких высших целей, возникающих вне его биологической природы. С точки зрения теории генно-культурной коэволюции моральные чувства и представления человек получает в порядке биологического наследования, все моральные запреты (табу) имеют биологические основания. Агрессивность рассматривается как неотъемлемая черта человека, унаследованная по биологическим каналам. Подобные мысли высказал австрийский зоолог К. Лоренц в книге «Агрессия»: «С человеческим обществом дело обстоит почти также, как с обществом крыс, которые так же социальны и миролюбивы внутри замкнутого клана, но сущие дьяволы по отношению к сородичам, не принадлежащим к их собственной партии». С этих позиций война есть проявление внутривидовой агрессии. Человеческая любовь рассматривается социобиологами как поведенческий механизм, обеспечивающий оптимальную связь между удовлетворяющими друг друга партнерами.

О человеческом сознании Э.О. Уилсон пишет: «Человеческое сознание является устройством для выживания и воспроизводства, а разум есть всего лишь один из инструментов для биологического воспроизводства».

Давая оценку концепциям социобиологов, следует отметить, что идеи генно-культурной коэволюции обладают известной эвристической ценностью. Действительно, в развитии человека и общества важную роль играло взаимодействие биологического и социального. Об этом еще в 20–30 гг. XX столетия писал В.И. Вернадский, отмечая тесную взаимообусловленность человека и биосферы. Существуют и эволюционные связи человека с животными, аналогии между их поведением,

т.е. имеются биологические основы социальности человека. Но объяснять поведение человека преимущественно биологическими причинами все-таки нельзя. Одна природа вне социальных условий не делает человека человеком. Биологическое в человеке осуществляется и удовлетворяется в социальной форме, природно-биологическая сторона жизнедеятельности человека опосредуется, «очеловечивается» социокультурными факторами.

Вопросы для самоконтроля

1. Как естествознание изучает человека?
2. Что значит «человек — биосоциальное существо»?
3. Когда на земле появился человек?
4. Каковы сходства и отличия человека и животных?
5. Чем различаются «человек умелый», «человек прямоходящий», неандерталец и «человек разумный»?
6. Какие отличия человека от животных в наибольшей степени повлияли на становление и развитие науки?
7. Что такое разум и речь?
8. Что значит изготавливать орудия и трудиться?
9. Как биологическое влияет на социальное в человеке?

МАТЕРИАЛЫ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Тема 1

ФЕНОМЕН НАУКИ

Вопросы для рассмотрения

1. Понятие и функции науки. Характерные черты науки, отличие науки от других отраслей культуры.
2. История науки. Взаимодействие науки и вненаучного знания.
3. Протонаука и механистическая картина мира.

Темы рефератов

1. Наука в системе культуры. Классификация наук.
2. Естествознание как отрасль научного познания.
3. Проблема двух культур в науке: от конфронтации к сотрудничеству.
4. Методы естественнонаучного познания.
5. Эволюционные и революционные периоды развития естествознания.
6. Критерии научного знания.
7. Структура научного познания.
8. Взаимодействие научного и ненаучного знания в современной культуре. Протонаука и псевдонаука.
9. Этика науки и социальная ответственность ученого.

Творческое задание

Дебаты: Социальный и государственный контроль науки

Тема 2

НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА И НАУЧНЫЕ РЕВОЛЮЦИИ В ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Вопросы для рассмотрения

1. Научная картина мира и поиск мировоззренческих оснований цивилизационного развития.
2. Естественнонаучное обоснование идей глобального эволюционизма.
3. Научные революции в истории общества.

Ситуативное задание

Прочитайте отрывки текстов и определите, какой мировоззренческой точки зрения придерживались авторы этих произведений. Ответ обоснуйте.

«Человек, слуга и истолкователь природы, столько совершает и понимает, сколько постиг в ее порядке делом или размышлением, и свыше этого он не знает и не может».

«Познание, которое мы обычно применяем в изучении природы, мы будем для целей обучения называть *предвосхищением природы*, потому что оно поспешно и незрело. Познание же, которое должным образом извлекаем из вещей, мы будем называть *истолкованием природы*».

Дедал, или Механик

В лице Дедала, человека замечательно талантливого, но гнусного, древние изобразили и мудрость механического искусства, и все то недозволенное и преследующее дурные цели, что существует в этом искусстве. Дедал за убийство своего соученика и соперника жил в изгнании, но его всюду любезно принимали и цари, и города, и он своим гением создал там множество замечательных произведений во славу богов и для украшения и великолепия городов и общественных мест; особенно же известно его имя благодаря дерзким и запретным его творениям. Ведь именно он воздвиг оружие, позволившее Пасифее удовлетворить ее похоть и сойтись с быком, так что несчастное и позорное рождение этого чудовища – Минотавра, пожиравшего благородных юношей, обязано

преступному мастерству и гибельному таланту этого человека. Он же, покрывая и увеличивая одно за другим, для охраны этой чумы придумал и выстроил лабиринт – сооружение омерзительное и несчастливое по своему назначению, и в то же время изумительное и великолепное по мастерству. Позднее, чтобы не быть известным лишь злыми делами и создавать не только орудия преступления, но и средства против них, он дал гениальный совет воспользоваться нитью для того, чтобы выбраться из извилин лабиринта. Минос очень строго и настойчиво преследовал этого Дедала, тот же постоянно находил средства уйти от преследований и скрыться. В конце концов он научил своего сына Икара искусству летать, а тот, еще неопытный, желал похвастаться своим искусством и упал с неба в море.

Смысл этой параболы таков. В самом начале ее говорится о том, что всегда поджидает замечательных мастеров и удивительным образом господствует над нами, – о зависти: ведь нет ни одной категории людей, которая бы сильнее, чем они, страдала от острой, буквально убийственной зависти. За этим следует упоминание о роде наказания, столь неразумно и непредусмотрительно примененного к нему: Дедал был осужден на изгнание. Но ведь у мастеров есть то замечательное преимущество, что почти все народы принимают их с распростертыми объятиями, так что для замечательного мастера изгнание едва ли является наказанием. Люди, принадлежащие к другим группам и сословиям общества, не легко могут занять достойное положение за пределами своей родины; мастера же и художники пользуются всеобщим восхищением у иноземцев, потому что людям присуще в делах ремесла и техники своих соотечественников всегда ценить меньше, чем иностранцев. Очень ясен смысл и всего последующего, где говорится о применении искусств механики: ведь человеческая жизнь многим им обязана, ибо из их сокровищ складывались в значительной мере и обряды религии, и благоустройство гражданской жизни, и, наконец, вся материальная культура; но из этого же источника рождаются и орудия похоти, и даже орудия смерти. Если даже не говорить о ремесле сводников, нам прекрасно известно, что все эти утонченнейшие яды, военные орудия и тому подобная мерзость (обязанные своим существованием механическим изобретениям) своей жестокостью и гибельными последствиями намного превосходят самого Минотавра.

Великолепна и аллегория лабиринта, изображающая общую природу механики. Ведь все эти хитроумные и тщательно изготовленные произведения механического искусства могут считаться чем-то вроде лабиринта по тонкости работы, исключительной сложности их конструкции и видимому согласию частей, что делает их недоступными для суждения и позволяет разобраться в них лишь с помощью нити опыта. Не менее удачно и упоминание о том, что тот же самый человек, который придумал лабиринт с его извилинами, указал и нить спасения: ведь механические искусства могут приводить к противоположным результатам, могут и приносить вред, и находить средство исправить его, ибо в их силах развеять свои собственные чары. Недостойные изобретения, а заодно и сами искусства довольно часто преследуются Миносом, т.е. законами, которые осуждают их и запрещают людям пользоваться ими. Тем не менее, они продолжают существовать тайно, всюду находя себе прибежище, где они могут укрыться, что правильно отмечено Тацитом для своего времени и сходных обстоятельств, когда он говорит о математиках и предсказателях: «Эта категория людей в нашем государстве будет существовать и всегда будет вне закона». Однако же эти недостойные и запретные искусства с течением времени, поскольку они почти всегда не могут выполнить того, что обещают, подобно падению Икара с неба, теряют уважение к себе, вызывают презрение и погибают из-за чрезмерного хвастовства. Во всяком случае, если вообще говорить правду, не так уж успешно сдерживает их узда законов, а гораздо чаще их изобличает собственное тщеславие.

(Ф. Бэкон. Соч. в 2-х томах. Т. 2. Новый Органон).

Н. А. Бердяев

ЧЕЛОВЕК И МАШИНА (проблема социологии и метафизики техники)

Машина и техника наносят страшные поражения душевной жизни человека и, прежде всего, жизни эмоциональной, человеческим чувствам. Душевно-эмоциональная стихия угасает в современной цивилизации. Так, можно сказать, что старая культура была опасна для человеческого тела, она оставляла его в пренебреже-

нии, часто его изнеживала и расслабляла. Машинная, техническая цивилизация опасна прежде всего для души. Сердце с трудом выносит прикосновение холодного металла, но не может жить в металлической среде. Для нашей эпохи характерны процессы разрушения сердца как ядра души... Техника наносит страшные удары гуманизму, гуманистическому мирозерцанию, гуманистическому идеалу человека и культуры. Машина по природе своей антигуманистична... Техника менее опасна для духа, хотя это на первый взгляд может удивить... Мы живем в эпоху техники и духа, не в эпоху душевности. Религиозный смысл современной техники именно в том, что она все ставит под знак духовного вопроса, а потому может привести и к одухотворению. Она требует напряжения духовности.

Техника перестает быть нейтральной, она давно уже не нейтральна, не безразлична для духа и вопросов духа... Техника убийственно действует на душу, но она вместе с тем вызывает сильную реакцию духа... Техника делает человека космоургом. По сравнению с орудиями, которые современная техника дает в руки человека, прежние его орудия кажутся игрушечными. Это особенно видно на технике войны... Во всем техника дает в руки человека страшную силу, которая может стать истребительной. Скоро мирные ученые смогут производить потрясения не только исторического, но и космического характера. Небольшая кучка людей, обладающая секретом технических изобретений, сможет тиранически держать в своей власти все человечество... Но когда человеку дается сила, которой он может управлять миром и может истреблять значительную часть человечества и культуры, тогда все делается зависящим от духовного и нравственного состояния человека, от того, во имя чего он будет употреблять эту силу, какого он духа. Вопрос техники неизбежно делается духовным вопросом, в конце концов религиозным вопросом. От этого зависит судьба человечества. Чудеса техники, всегда двойственной по своей природе, требуют небывалого напряжения духовности, неизмеримо большего, чем прежние культурные эпохи.

Духовность человека не может уже быть органически-растительной... Силы духа требует техника прежде всего для того, чтобы человек не был ею поработан и уничтожен. В известном смысле можно сказать, что речь идет о жизни и смерти. Иногда представляется такая страшная утопия. Настанет время, когда будут

совершенные машины, которыми человек мог бы управлять миром, но человека больше не будет. Машины сами будут действовать в совершенстве и достигать максимальных результатов. Последние люди сами превратятся в машины, но затем и они исчезнут за ненадобностью и невозможностью для них органического дыхания и кровообращения. Фабрики будут производить товары с большой быстротой и совершенством. Автомобили и аэропланы будут летать... Природа будет покорена технике... Но человека не будет, не будет органической жизни. Этот страшный кошмар иногда снится. От напряжения силы духа зависит, избежит ли человек этой участи. Исключительная власть технизации и машинизации влечет именно к этому пределу, к небытию в техническом совершенстве. Невозможно допустить автономии техники, предоставить ей полную свободу действия, она должна быть подчинена духу и духовным ценностям жизни.

Творческое задание

Темы для сообщений, докладов, рефератов

1. Научные революции в истории общества.
2. Научная картина мира и ее историческая динамика.
3. Создание классической механики и экспериментального естествознания. Механическая картина мира.

Тема 3

ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Вопросы для рассмотрения

1. Физика как фундаментальная отрасль естествознания.
2. Важнейшие концепции физики XX века.
3. Основные идеи специальной и общей теории относительности.
4. Уровни организации неживой материи.
5. Фундаментальные физические взаимодействия.

Ситуативное задание

Прочитайте и проанализируйте следующие афоризмы:

1. «Теория – то, чему не верит никто, кроме ее автора. Эксперимент – то, чему верят все, кроме его автора». (А. Эйнштейн).
2. «Я хочу знать все мысли Божьи... а остальное всего лишь второстепенные детали». (А. Эйнштейн).
3. «Если факты не соответствуют теории, то измените факты».
4. «Всю науку можно разделить на физику и собирание марок». (У. Томсон, Э. Резерфорд).
5. «Ничто не озадачивает меня больше, чем время и пространство, и вместе с тем ничто не волнует меня меньше, ни о том, ни о другом я никогда не думаю». (Ч. Лэм, английский писатель).

Творческое задание

Темы для докладов, сообщений и рефератов

1. Трансформация представлений о материи, времени и пространстве.
2. Проблема «вечных двигателей».
3. Электромагнитные взаимодействия: передача энергии и информации.
4. Квантовая физика и ее практическое приложение.
5. Эволюция представлений о строении атома.
6. Проблема корпускулярно-волнового дуализма в квантовой физике.

Тема 4

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Вопросы для рассмотрения

1. Основные особенности способа познания в астрономии XX века.
2. Концепция нестационарной Вселенной и ее содержательные изменения на протяжении XX века.
3. Поиски контактов с внеземными цивилизациями.

Ситуативное задание

1. В астрологии принято считать, что судьбы людей напрямую связаны с расположением небесных тел на небе. Как вы считаете, соответствует ли это истине? Ответ обоснуйте.

2. Начиная с глубокой древности человек пытался объяснить происхождение Вселенной. Проанализируйте известные вам версии и теории происхождения Вселенной (начиная с мифологии) и ранжируйте их в соответствии с вашими представлениями об истине в этом вопросе.

3. Концепция Большого взрыва и расширяющейся Вселенной в настоящее время является наиболее популярной и отвечающей современному состоянию науки. Убеждает ли она вас? Ответ обоснуйте.

Творческое задание

Темы для написания докладов, сообщений, рефератов

1. Современные представления о формировании солнечной системы.
2. Физическая модель Земли.
3. Земля и космос: обмен энергией и веществом.
4. Возникновение и эволюция звезд и звездных систем.
5. Космические объекты и методы их исследования.
6. Планеты и современные научные представления о Земле.
7. Проблема контактов с внеземными цивилизациями.
8. Сценарии будущего вселенной.
9. Концепция Большого взрыва в космологии XX века.

Тема 5

СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

Вопросы для рассмотрения

1. Предмет химии как науки. Эволюция химических знаний и современная химическая картина мира.
2. Алхимия как предшественница современной химии.
3. Атомная физика – теоретическая база химии.
4. Проблемы современной химии, органическая химия и биохимия.

Ситуативные задания

1. Философ и алхимик александрийской школы Стефан (VI в.) учил: «Необходимо освободить материю от ее качеств, извлечь из нее душу, отделить душу от тела, чтобы достичь совершенства. *Душа* – это часть наиболее тонкая. *Тело* – это вещь тяжелая, материальная, земная, имеющая тень. Необходимо изгнать тень из материи, чтобы получить чистую и непорочную природу. Необходимо освободить материю».

Как вы понимаете это высказывание?

2. «Идеологические» основы новой науки, химии, в 17 в. сформулировал английский ученый Роберт Бойль. Он считал, что химия должна быть отделена от алхимии и медицины и иметь свои собственные задачи. В своей знаменитой книге «Химик-скептик» (1661) он сформулировал пять основных проблем химии как науки:

1) Является ли огонь «универсальным анализатором» всех тел?

2) Являются ли продукты кальцинации (прокаливания) действительно элементами, или началами?

3) Может ли число веществ, которые принимаются в качестве элементов, или начал, действительно ограничено тремя, четырьмя или пятью?

4) Действительно ли существуют элементы «соль», «сера» и «ртуть», которые так называют?

5) Существуют ли вообще реальные элементы, или начала?

Объясните суть этих проблем, сформулированных Р. Бойлем. Разрешила ли химия эти вопросы?

Творческое задание

Тематика рефератов

1. Вода и ее роль на Земле.
2. Атомистические учения древности.
3. Алхимия.
4. Химический состав атмосферы. Смог.
5. Роль химии в решении энергетических проблем.
6. Химия и здоровье человека.
7. Наноматериалы в медицине.
8. Пищевые добавки: что скрывается под индексом «Е».
9. Утратила ли актуальность «нитратная проблема»?
10. «Хороший» и «плохой» холестерин: что это такое?
11. Техника безопасности при обращении с химическими веществами и продуктами в повседневной жизни.

Тема 6

СОВРЕМЕННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ МИРА

Вопросы для рассмотрения

1. Эволюционная картина мира.
2. Появление живой природы.
3. Биосфера и ее динамика.
4. Антропный принцип и идеи глобального эволюционизма.

Творческое задание

Тематика рефератов

1. Основные особенности биологии XX в.
2. Рождение генетики; ее основные понятия и представления.
3. Основные идеи, понятия и принципы синтетической теории эволюции.
4. Революция в молекулярной биологии. Достижения молекулярной биологии и генетики в XX в.
5. Особенности живых систем.
6. Молекулярно-генетический уровень организации живого.
7. Организменный уровень живого.
8. Популяционно-видовой уровень организации живого.
9. Биогеоценотический уровень организации живого.
10. Сущность современного экологического кризиса.
11. Принципы и пути разрешения современного экологического кризиса.
12. Понятие биотехнологий. Многообразие сфер применения биотехнологий.
13. Понятие генной инженерии. Проблемы, возникающие в связи с ее достижениями и проектами.
14. Концепция биосферы В.И.Вернадского.

Ситуативное задание

Прочитайте и проанализируйте текст.

Автотрофность человечества

В.И. Вернадский

В биосфере существует великая геологическая, быть может космическая, сила, планетное действие которой обычно не принимается во внимание в представлениях о космосе, представлениях научных или имеющих научную основу. Эта сила, по-видимому, не есть проявление энергии или новая особенная ее форма. Она не может быть во всяком случае просто и ясно выражена в форме известных нам видов энергии. Однако действие этой силы на течение земных энергетических явлений глубоко и сильно и должно, следовательно, иметь отражение, хотя и менее сильное, но несомненно и вне земной коры, в бытии самой планеты. Эта сила есть разум человека, устремленная и организованная воля его как существа общественного. Проявление этой силы в окружающей среде явилось после мириада веков выражением единства совокупности организмов – монолита жизни – «живого вещества», одной лишь частью которого является человечество. Человек, несомненно, неразрывно связан с живым веществом, с совокупностью организмов, одновременно с ним существующих или существовавших до него. Прежде всего, он связан с ними своим происхождением. Самозарождение, т. е. генезис живого организма за счет косной материи, без посредства другого живого организма, многим ученым все еще кажется логично необходимым; он им кажется неизбежным следствием из геологической истории нашей планеты, необходимым для научного объяснения жизни. С глубокой верой высказывались и высказываются убеждения, что прямой синтез организма из его материальных элементов должен быть необходимым завершением развития науки. Не сомневаются в том, что был момент (если, впрочем, этот процесс не имеет места и в наше время), в который организм зародился в земной коре в силу самопроизвольного изменения косной материи. Нужно не терять из виду, что эти воззрения коренятся не в научных фактах, но в построении религии и философии. Конечно, возможно, что они соответствуют реальности. Нельзя их считать научно опровергнутыми. Но ничто не указывает на их вероятность. Ничто также не указывает на то, что проблема самозарождения не принадлежит к тому же ряду исканий, как и задача о квадратуре круга, о трисекции угла, о *perpetuum mobile*, о философском камне. В настоящее

время мы не можем с научной точки зрения рассматривать жизнь на нашей планете иначе, как выражение единого явления, существующего без перерыва со времени самых древних геологических эпох, следы которых мы можем изучать. В течение всего этого времени живое вещество было резко отделено от косной материи. Человек неразрывно связан в одно целое с жизнью всех живых существ, существующих или когда-либо существовавших. Человек связан с этим целым еще благодаря питанию. Зависимость человека от живого целого благодаря его питанию определяет все его существование. Изменение режима – в случае, если бы это произошло, – имело бы огромные последствия. В настоящее время основным фактом жизни являются неизбежность и возможность, свойственная человеку, строить и поддерживать существование и неприкосновенность своего тела только усвоением других организмов или продуктов их жизни. Химические соединения, созданные таким путем в земной коре, ему нужны и необходимы для его существования, но человеческий организм не может их сам производить. Он должен их искать в окружающей среде, уничтожать другие существа или использовать их биохимическую работу. Он умирает, если не находит в земной коре других живых существ, которыми мог бы питаться. Очевидно, что вся жизнь человека, весь его социальный уклад в течение всего хода истории определяются этой необходимостью. В конце концов именно это неукротимое стремление управляет миром человека, строит и всю его историю, и все его существование. Последним фактором является неумолимый голод, который становится беспощадной движущей силой социального строя общества. Общественное равновесие поддерживается лишь неустанным трудом, и оно всегда неустойчиво. Большие перевороты в общественных строях, ошибки, совершенные на этой почве, всегда приводили к ужасающим последствиям. В данном аспекте наша цивилизация всегда находится на краю пропасти. В настоящее время сотни тысяч людей умирают или прозябают в России вследствие недостатка питания, а миллионы других – больше 10–15 млн – стали жертвами совершенных социальных ошибок.

Живое единое целое – монолит жизни – мир организмов биосферы по своим функциям и по положению в земной коре оказался двойственным. Существование большей части живого вещества, мира зеленых растений, находится в зависимости лишь от косной материи; этот мир независим от других организмов. Зеленые растения сами могут вырабатывать вещества, необходимые для их жизни, пользуясь косными, с жизнью не связанными химическими продуктами земной коры. Они заимствуют газы и водные растворы

из окружающей среды и сами строят бесчисленные азотистые и углеродные соединения, сотни тысяч различных тел, входящих в состав их тканей. Немецкий физиолог В. Пфедфер назвал организмы, обладающие этими свойствами, *автотрофными*, потому что они в своем питании ни от кого не зависят. *Гетеротрофными* он назвал те организмы, которые в своем питании зависят от существования других организмов, пользуются их химическими продуктами. Они могут лишь изменять эти химические соединения, приготовленные независимо от них, приспособлять их к своей жизни, но не могут их создавать. Существуют зеленые организмы, питание которых разнородно, которые отчасти готовят нужные химические соединения из косной материи, частью же, как, например, паразиты, получают их, эксплуатируя другие организмы. Это многочисленные в живой природе существа – *миксотрофные* организмы Пфедфера. Омела – один из примеров, всем известный. Зеленые автотрофные организмы, зеленые растения, образуют главную основу единого монолита жизни. Бесконечно различный мир грибов, миллионы видов животных, все человечество могут существовать только в силу биохимической работы зеленых растений. Эта работа возможна лишь благодаря врожденной способности этих организмов превращать излученную Солнцем энергию в химическую энергию. Монолит жизни в целом не есть простое собрание отдельных неделимых, случайно собранных, но есть сложная организованность, части которой имеют функции, взаимно дополняющие друг друга и содействующие одна другой. Автотрофный растительный мир может исполнять функцию, ему принадлежащую в этой организованности, только благодаря изготовлению им зеленого вещества, обладающего очень специфическими и очень замечательными свойствами, – хлорофилла.

Это сложное органическое соединение, содержащее атомы магния; строение его молекулы, состоящей из углерода, водорода, кислорода, магния и азота, очень близко к строению молекулы красного гемоглобина нашей крови, в которой магний заменен железом. Благодаря этим хлорофилл содержащим пластидам организм зеленых растений может в своей жизни обходиться без других организмов. Если бы мы принимали во внимание лишь вопрос о питании, зеленое растение могло бы существовать в одиночестве на поверхности нашей планеты.

Отражение существования автотрофных организмов с хлорофильной функцией в биосфере огромно. Они не только дают возможность существования всем другим организмам и человечеству на Земле, но они определяют химию земной коры. Можно дать понятие о порядке этого явления, вспомнив некоторые связанные с ним числовые данные. Мы окружены зеленью садов, лугов, лесов и полей. Если бы взглянуть на Землю с другой планеты из космического пространства, она казалась бы окрашенной в зеленый цвет. Но эта масса хлорофилла является лишь частью общей массы его, большая ее часть невидима для нас. Так, она наполняет верхние слои Мирового океана до глубины 400 м по крайней мере. Хлорофилл разбросан в бесчисленных мириадах одноклеточных невидимых для глаза водорослей; каждая из них дает начало в течение двух или трех суточных обращений нашей планеты новому поколению, которое немедленно начинает воспроизводиться. Если бы они не служили пищей другим организмам, то в несколько месяцев их количество сделалось бы невероятным и наполнило бы собой весь Мировой океан, всю его воду. Присутствие свободного кислорода в нашей атмосфере и в водах есть проявление хлорофильной функции. Весь свободный кислород земного шара есть продукт зеленых растений. Если б зеленые растения не существовали, через несколько сотен лет на поверхности Земли не осталось бы следа свободного кислорода и главные химические превращения на Земле прекратились бы. Общий вес свободного кислорода в земной коре равняется 1,5 квадрильона метрических тонн. Уже одна эта цифра может дать представление о геохимическом значении жизни! Количество хлорофилла, вырабатываемого зелеными растениями и непрерывно в них находящегося, которое необходимо для поддержания неизменности земной массы свободного кислорода, равняется, по меньшей мере, нескольким миллиардам тонн. Более 30 лет назад русский биолог С. Н. Виноградский внес в эту картину новую важную черту, доказывающую еще большую сложность строения живого целого.

Он открыл существование живых автотрофных существ, лишенных хлорофилла. Это существа невидимые, бактерии, изобилующие в почвах, в верхних слоях земной коры, проникающие в глубокие толщи всемирного океана. Несмотря на их микроскопические размеры, их значение в экономике природы огромно благодаря поразительной силе их размножения. Их огромное размножение, несравненно большее размножения одноклеточных зеленых водорос-

лей, заставляет рассматривать их существование как явление, по порядку своему родственное с жизнью зеленых растений.

Без сомнения, число видов автотрофных бактерий незначительно; оно не превышает одной сотни, между тем как видов зеленых растений известно до 180 000. Но одна бактерия может произвести в одни сутки по крайней мере несколько триллионов особей, между тем как одна одноклеточная зеленая водоросль, из всех зеленых растений наиболее быстро размножающаяся, дает в тот же промежуток времени лишь несколько особей, и большей частью гораздо меньше, около одной особи в 2-3 дня. Бактерии, открытые С. Н. Виноградским, независимы в своем питании не только от других организмов, но непосредственно и от солнечных лучей. Они употребляют для построения своего тела *химическую энергию химических земных соединений*, минералов, например богатых кислородом. Этим путем они производят в биосфере огромную геохимическую работу, как разлагая эти соединения, так и создавая, как следствие этого разложения, новые синтезы. Их роль значительна в истории углерода, серы, азота, железа, марганца и, вероятно, многих других элементов нашей планеты.

Не подлежит сомнению, что они составляют часть того же единого целого – монолита жизни, в который входят все другие организмы, ибо они являются их пищей, используя в свою очередь их отбросы. Всё заставляет думать, что связь эта еще более тесная. Можно их рассматривать как очень специализированные растения, эволюционно происшедшие из зеленых растений, как это обычно допускают для других бесхлорофилльных растений. Но не исключена, однако, возможность видеть в этих бактериях живых представителей отдаленных предков – организмов с хлорофилльной функцией.

Человек – животное общественное, гетеротрофное. Он может существовать лишь при условии существования других организмов, именно зеленых растений. Однако его существование на нашей планете резко отличается от существований всех других организованных существ. Разум, его отличающий, придает живому веществу удивительные черты, глубоко изменяет его действие на окружающую среду. Возникновение человека было актом величайшей важности, единичным в течение геологической истории: ему нет ничего аналогичного в среде мириадом предшествовавших веков. С научной точки зрения можно его рассматривать лишь как результат длинного естественного процесса, начало которого для нас теряется, но который длится непрерывно в течение всего геологического

времени. Ни одна научная теория не смогла до сих пор обнять в целом палеонтологическую эволюцию организованных существ, последним важным проявлением которой было возникновение человека...

Человек глубоко отличается от других организмов по своему действию на окружающую среду. Это различие, которое было велико с самого начала, стало огромным с течением времени. Действие других организмов почти исключительно определяется их питанием и их ростом. Один факт образования свободного кислорода достаточен, чтобы оценить планетное значение их питания. И это один факт среди тысячи других. Образование каменных углей, нефтей, железных руд, черноземов, известняков, коралловых островов и т. д. и т. д. – немногие примеры на тысячи других проявлений их роста. Человек, несомненно, проявляется в биосфере своим питанием и своим размножением так же, как и все другие организмы. Но масса всего человечества ничтожна по сравнению с массой живого вещества, и прямые проявления в живой природе его питания и его размножения сравнительно почти равны нулю. Австрийский экономист Л. Brentano дал очень ясное представление о масштабе человечества в биосфере. Если бы каждому человеку уделили 1 м² и собрали бы всех существующих на земной поверхности людей вместе, пространство, которое они заняли бы, не превысило бы площади небольшого Констанцкого озера в Швейцарии. Совершенно очевидно, что проявление такой живой массы в масштабе геологических явлений ничтожно. Разум всё изменяет. Руководясь им, человек употребляет все вещество, окружающее его, – косное и живое – не только на построение своего тела, но также и на нужды своей общественной жизни. И это использование является уже большой геологической силой. Разум вводит этим путем в механизм земной коры новые мощные процессы, аналогичных которым не было до появления человека. Человек меняет внешний вид, химический и минералогический состав окружающей среды, своего местообитания. Местообитанием его является вся земная поверхность. Его деятельность с каждым веком становится более мощной и более организованной. Натуралист не может видеть в ней ничего другого, как естественный процесс того же порядка, как все другие геологические явления. Возможно, что этот процесс неизменно регулируется принципом инерции; он будет идти до конца, если не встретит противной ему внешней силы, которая его уничтожит или будет держать в потенциальном состоянии. Открытие земледелия,

сделанное более чем за 600 поколений до нас, решило все будущее человечества. Изменяя этим путем жизнь автотрофных зеленых организмов на земной поверхности, человек тем самым создал такой рычаг для своей деятельности, последствия которого в истории планеты были неисчислимы. Человек этим путем овладел всем живым веществом, не только зелеными растениями, так как именно эти последние определяют жизнь всех других существ. Мало-помалу человек изменил живое вещество согласно решению и целям своего разума. Благодаря земледелию он себя в своем питании освободил от стихийной зависимости от живой окружающей природы, тогда как все другие организованные существа в этом отношении являются ее бессильными придатками. Основываясь на этой великой победе, человек уничтожил «девственную» природу. Он внес в нее массу неизвестных, новых химических соединений и новых форм жизни – культурных пород животных и растений. Он изменил течение всех геохимических реакций. Лик планеты стал новым и пришел в состояние непрерывных потрясений. Но человеку не удалось до сих пор достигнуть в этой новой среде необходимой обеспеченности своей жизни.

В современной социальной организации существование даже большинства является необеспеченным. Распределение богатств не дает главной массе человечества условий жизни, отвечающих идеалам нравственным и религиозным. Новые тревожные факты, затрагивающие основы его существования, появляются в последнее время.

Запасы исходных для его существования сырых материалов, видимо, уменьшаются с ходом времени. Если их потребление будет увеличиваться с той же быстротой, как раньше, положение станет серьезным. Через два поколения можно ждать железного голода; нефть начнет исчезать еще раньше, вопрос о каменном угле может через несколько поколений сделаться трагическим. То же самое ожидает большинство других первичных основ цивилизации, материальной культуры.

Глубокие умы уже давно убедились в необходимости радикальных социальных изменений, научных открытий нового порядка, чтобы отразить неминуемую опасность. Разрешение этих проблем рисуется как результат успехов физико-химических наук. Уже с давних пор наука в своем искании истины стремится найти новые формы энергии в мире и создать великие химические синтезы органического вещества. Средства, которыми она располагает для своей работы, очень недостаточны, но они единственные, доступные ей в современном человеческом общест-

ве, где положение ее пока находится в противоречии с ее действительной ролью как производителя богатства и человеческого могущества. Можно ускорить это научное движение, создавая новые методы исследования, но остановить его невозможно. Ибо нет силы на Земле, которая могла бы удержать человеческий разум в его устремлении, раз он постиг, как в данном случае, значение истин, перед ним раскрывающихся. Но запасы энергии, находящиеся в распоряжении разума, неисчислимы. Сила приливов и морских волн, радиоактивная, атомная энергия, теплота Солнца могут дать нужную силу в любом количестве. Введение этих форм энергии в жизнь есть вопрос времени. Он зависит от проблем, постановка и разрешение которых не являются неисполнимыми. Так добытая энергия будет практически безгранична. Пользуясь непосредственно энергией Солнца, человек овладеет источником энергии зеленых растений, той формы ее, которой он сейчас пользуется через посредство этих последних как для своей пищи, так и для топлива. Непосредственный синтез пищи, без посредничества организованных существ, как только он будет открыт, коренным образом изменит будущее человека. Что означал бы подобный синтез пищи в жизни людей и в жизни биосферы? Его создание освободило бы человека от его зависимости от другого живого вещества. Из существа социально гетеротрофного он сделался бы существом социально *автотрофным*. Последствия такого явления в механизме биосферы были бы огромны. Это означало бы, что единое целое. – жизнь. – вновь разделилось бы, появилось бы третье, независимое ее ответвление. В силу этого факта на земной коре появилось бы в первый раз в геологической истории земного шара *автотрофное животное* – автотрофное позвоночное. Нам сейчас трудно, быть может невозможно, представить себе все геологические последствия этого события; но очевидно, что это было бы увенчанием долгой палеонтологической эволюции, явилось бы не действием свободной воли человека, а проявлением естественного процесса. Человеческий разум этим путем не только создал бы новое большое социальное достижение, но ввел бы в механизм биосферы новое большое геологическое явление. Отражение такого синтеза на человеческом обществе, несомненно, коснется нас еще ближе. Будет ли оно благотворно или доставит новые страдания человечеству? Мы этого не знаем. Но течение событий, будущее, может быть определяемо в сильной мере нашей волей и нашим разумом. Нужно уже сейчас готовиться к пониманию последствий этого открытия, неизбежность которого очевидна. Я вижу в завершении его синтетическое выражение большого природного процесса, длящегося миллионы лет и не являющегося на всем этом протяжении признака разложения. Это процесс творческий, а не анар-

хический. В конце концов будущее человека всегда большей частью создается им же самим. Создание нового, автотрофного существа даст ему доселе отсутствующие возможности использования его вековых духовных стремлений; оно реально откроет перед ним пути лучшей жизни.

Тема 7

ЧЕЛОВЕК КАК БИОСОЦИАЛЬНОЕ СУЩЕСТВО

Вопросы для рассмотрения

1. Предмет общей антропологии.
2. Человек как объект естественнонаучного исследования.
3. Современные концепции антропосоциогенеза.
4. Соотношение биопсихологического и социального начал в человеке.

Ситуативное задание

1. Какая из версий происхождения человека – креационизм, эволюционизм, космизм – кажется вам наиболее убедительной?
2. В современном естествознании человека рассматривают как единство биологического, социального и духовного начал. Современная наука не отказывается от поисков человеческой души. Как вы думаете, почему этот вопрос актуален до сих пор?

Творческое задание

Темы для написания сообщений, докладов и рефератов

1. Антропологический принцип в науке.
2. Естествознание XVIII – первой половины XIX веков о происхождении человека.
3. Современная наука о факторах, закономерностях и этапах антропосоциогенеза.
4. Перспективы человека: соотношение смерти и бессмертия.
5. Здоровье и качество жизни человека.
6. Особенности экологии мегаполисов и здоровье человека.
7. Стратегия выживания человека в условиях антропологического кризиса.
8. Система «человек – природа – техника» как базисная структура развивающейся цивилизации.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ УСРС

УСРС 1

Подготовка рефератов по проблеме «Система естественнонаучного знания: развитие научного познания в разные периоды человеческой цивилизации».

Задание: подготовить рефераты или сделать презентацию по темам:

- «Возникновение античной науки. Космоцентризм древнегреческой натурфилософии»;
- «Естествознание эпохи Средневековья»;
- «Научные революции в истории общества»;
- «Создание классической механики и экспериментального естествознания. Механическая картина мира».

Оформленные рефераты по избранной проблематике сдать в письменном виде.

УСРС 2

Подготовка рефератов по проблеме «Физическая картина мира».

Задание: подготовить рефераты по темам:

- «Трансформация представления о материи, времени и пространства»;
- «Законы сохранения в физике»;
- «Проблема вечных движений»;
- «Квантовая физика и ее практические приложения».

Оформленные рефераты по избранной проблематике сдать в письменном виде.

УСРС 3

Подготовка эссе и рефератов по проблеме «Человек как биосоциальное существо».

Задание: подготовить эссе и рефераты по проблеме:

- «Взаимосвязь биологического и социального в процессах становления человека »;
- «Естествознание XVIII–первой половины XIX в. о происхождении человека »;
- «Перспективы человека: соотношение смерти и бессмертия »;
- «Система «человек – природа – техника» как базисная структура развивающейся цивилизации».

Оформленные рефераты по избранной проблематике сдать в письменном виде.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ И ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ПО МОДУЛЮ

1. Естествознание изучает:

- а) окружающую объективную реальность, т.е. мир, как он есть, независимо от человека;
- б) процессы, происходящие в социуме;
- в) бытие, начала всего существующего.

1. Какая из версий происхождения человека – креационизм, эволюционизм, космизм – кажется вам наиболее убедительной? Ответ обоснуйте.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горелов, А. А.* Концепции современного естествознания / А. А. Горелов. — М. : АстрельТверь АСТ, 2007. — 380 с.
2. *Дубнищева, Т. Я.* Концепции современного естествознания : учебное пособие для студентов вузов / Т. Я. Дубнищева. — 6-е изд., испр. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 608 с.
3. Концепции современного естествознания / Д. И. Заров [и др.]. — М. : Экзамен, 2006. — 190 с.
4. Концепции современного естествознания / С. И. Самыгин [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Ростов н/Д : Феникс, 1999. — 562 с.
5. *Козел, А. А.* Основы современного естествознания / А. А. Козел [и др.]. — Минск : Акад. МВД РБ, 2009. — 163 с.
6. *Лозовский, В. Н.* Концепции современного естествознания / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., исправл. — Санкт-Петербург : Лань, 2006. — 224 с.
7. *Найдыш, В. М.* Концепции современного естествознания : учебник / В. М. Найдыш. — 2-е изд., переб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2004. — 622 с.
8. *Рузавин, Г. И.* Концепции современного естествознания / Г. И. Рузавин. — М. : Проспект, 2008. — 280 с.
9. *Садохин, А. П.* Концепции современного естествознания : учебник для студентов вузов, обучающихся по гуманитарным специальностям и специальностям экономики и управления / А. П. Садохин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2006. — 447 с.
10. *Яскевич, Я. С.* Ценностные ориентиры современной науки и перспективы цивилизационного развития / Я. С. Яскевич, Л. Ф. Кузнецова, А. В. Барковская. — Минск : ТетраСистемс, 1996. — 103 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Фролова Ирина Викторовна, **Храменкова** Лариса Михайловна

**ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Учебно-методический комплекс

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Шлыкова*
Редактор *Н. А. Антипович*
Компьютерная верстка *А. И. Стебули*

Подписано в печать 05.08.2011 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 6,9. Тираж 50 экз. Заказ 775.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.