

ББК 22.3Я72

К 64

Авторский коллектив под руководством доктора социологических наук, профессора С.И. Самыгина:

М.И. Басаков — раздел IV;

кандидат филос. наук *В.О. Голубинцев* — разделы I, II, кроме II. 4.3.

доктор филос. наук *А.Г. Зарубин* — Введение, раздел III. 6.8;

доктор филос. наук *В.С. Любченко* — раздел II. 4.3.

доктор филос. наук *Л.А. Минасян* — раздел III, кроме III. 6.2, III. 6.8;

доктор социол. наук *С.И. Самыгин*, — раздел VI;

Н.Ю. Турчина — раздел V.

Концепции современного естествознания:

К 64 Под ред. профессора С.И. Самыгина. Серия «Учебники и учебные пособия» — 4-е изд., перераб. и доп. — Ростов н/Д: «Феникс», 2003. — 448 с.

Учебное пособие написано в соответствии с Государственным стандартом РФ по дисциплине «Концепции современного естествознания», входящей в цикл общих математических и естественнонаучных дисциплин, и предназначено для студентов гуманитарных и экономических специальностей высших учебных заведений всех форм обучения.

ISBN 5-222-03034-2

ББК 22.3Я72

© Коллектив авторов, 2003

© Оформление: издательство
«Феникс», 2003

I ВВЕДЕНИЕ

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 и 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 «Концепций современного естествознания» представляет собой не просто совокупность избранных глав традиционных разделов физики, химии, биологии, географии, экологии, но является результатом междисциплинарного синтеза комплексного культурологического, философского и эволюционно-синергетического подходов к современному естествознанию.

Авторы данного учебного пособия ставили перед собой задачу как познакомить студентов с историей естествознания и его основными современными концепциями, так и показать роль тех культурно-исторических условий, в рамках которых они формируются.

Почти на всем протяжении XX века наблюдается противостояние двух сфер познания — естественнонаучной и социогуманитарной. Очень четко эту ситуацию зафиксировал известный английский писатель и ученый Чарлз Сноу, выступивший в 1959 году в Кембриджском университете с программной лекцией «Две культуры и научная револю-

ция». Он показал, что между традиционной гуманитарной культурой европейского Запада и «научной культурой», выросшей на основе развития естествознания и техники, возникает и углубляется существенный разрыв, если не сказать, пропасть.

Ч. Сноу размышляет о двух полюсах культуры. На одном из них — культура, созданная наукой, естествознанием. Прежде всего — это современная научная модель физического мира, которая по сложности, емкости, интеллектуальной глубине является удивительным творением коллективных усилий человеческого разума. Но представители другого полюса — социогуманитарной культуры — не имеют, как правило, ни малейшего представления об этом творении. В гуманитарном сообществе не приемлют упрощений, идеализаций, забывая, что построение идеальных моделей — одно из условий плодотворного теоретического мышления. В свою очередь, многие социогуманитарные ценности остаются неизвестными для большинства естествоиспытателей. Физики часто проявляют односторонность в оценках возможностей обществоведов и гуманитариев строить научные предсказания, не учитывая, что исследователи социальных явлений имеют дело с открытыми системами, где логика предсказаний иная, чем тогда, когда имеют дело с идеализированными моделями замкнутых систем.

Такая поляризация культуры, несомненно, наносит ущерб всему — науке, искусству, обществу, человечеству.

Однако к концу XX столетия появились серьезные предпосылки для преодоления подобного противостояния. Само по себе сопоставление различных научных дисциплин — это всегда обмен опытом и перенос его из одной области познания в другую, это одна из возможных точек роста научного знания. Именно поэтому методологическое сопоставление гуманитарных и естественных наук часто приносит новое, дает замечательные научные результаты. Можно вспомнить о том, что статистические методы, которые имеют такое важное значение в современной физике, зародились в трудах социологов-экономистов У. Петти и Дж. Граунта.

Междисциплинарный подход становится все более значимым для нынешнего развития социального знания. Идет

процесс формирования единой науки о человеке, обществе, государстве, природе и жизни. При этом и социальное, и естественнонаучное понимание имеет единые исходные цели (достичь истинного знания). С другой стороны, сейчас науковеды насчитывают около двух тысяч научных дисциплин, и формирование все новых отраслей науки продолжается (бионика, семиотика, прогностика, квалиметрия и т. д.). Оказывается, что естественная дифференциация (дробление) науки необходимо дополняется противодействующей тенденцией — ее интеграцией, стремлением к единству научного знания, к активному взаимодействию различных наук.

Объективную основу интеграции знания составляет единство материального мира, принципиальная общность основных свойств материи и законов ее развития на всех структурных уровнях организации и во всех формах движения. Интегративные тенденции в науке начинают проявляться уже во второй половине XIX века. Но с особой силой они обнаруживаются в наше время, когда могучим стимулятором, своеобразным ускорителем процессов интеграции в познании становится научно-технический прогресс. Он позволил гораздо сильнее, чем раньше, ощутить всю глубину и разносторонность связей человека и окружающей среды, общества и природы.

Среди выделяющихся в последние десятилетия новых отраслей знания значительное число уже по своей природе носит синтетический, интегративный характер (астрофизика, математическая лингвистика, инженерная психология, космическая медицина, техническая эстетика и др.). Другой чертой интеграции в современной науке является изменение самого характера синтеза научного знания. Можно обозначить такие варианты синтеза знания в науке, как интеграция в рамках одной научной дисциплины; синтез в пределах дисциплин, не входящих в один и тот же комплекс наук (например, естествознание, обществоведение или технические науки); наконец, синтез, выходящий за рамки любого такого комплекса, объединяющий знания нескольких или даже многих областей. Именно последний вариант намечает и представляет собой путь не только к единой науке, но и путь к другой культуре.

Интереснейшим примером такого синтеза становится в последние годы синергетика. Возникнув как физическая

теория (в термодинамике), она сейчас дает возможность по-новому взглянуть на классические, традиционные проблемы познания истории и законов жизни общества. Будучи изучением законов коэволюции (совместного развития) сложных систем, она в самой своей сути содержит необходимость выработать понимание взаимодействия и создать условия для сосуществования самых различных форм знания. Этот новый взгляд на мир открывает нам колоссальную избирательность сложных форм (будь то молекула, живое существо, общество и т. д.). Сложное, как оказывается, существует в очень узком диапазоне условий. Причем в закрытых системах хаос побеждает, но мир — это система открытия.

Синергетика может успешно служить для моделирования многих процессов социальной жизни — демографических, геополитических, социально-экономических и др. Данная научная теория позволяет и даже заставляет по-новому оценивать необходимость и действующие тенденции к интеграции естественнонаучного и социогуманитарного познания.

Авторы надеются, что знакомство с историей науки и важнейшими концепциями современного естествознания помогут читателю объективно сориентироваться в многообразии предлагающихся ныне обществом ценностей мировоззренческого, социально-политического, нравственно-экологического, эстетического характера.

Раздел I

НАУЧНЫЙ МЕТОД

I Понятия метода и методологии. Классификация методов научного познания

Понятие «метод» (от греч. «методос» — путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности.

Метод вооружает человека системой принципов, требований, правил, руководствуясь которыми он может достичь намеченной цели. Владение методом означает для человека знание того, каким образом, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач, и умение применять это знание на практике.

Учение о методе начало развиваться еще в науке Нового времени. Ее представители считали правильным методом ориентиром в движении к надежному, истинному знанию. Так, видный философ XVII века Ф. Бэкон сравнивал метод познания с фонарем, освещающим дорогу путнику, идущему в темноте.

Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов и которую принято именовать методологией. Методология дословно означает «учение о методах» (ибо происходит этот термин от двух греческих слов: «методос» — метод и «логос» — учение). Изучая закономерности человеческой познавательной деятельности, методология вырабатывает на этой основе методы ее осуществления. Важнейшей задачей методологии является изучение происхождения, сущности, эффективности и других характеристик методов познания.

Методы научного познания принято подразделять по степени их общности, т. е. по широте применимости в процессе научного исследования.

Всеобщих методов в истории познания известно два: *диалектический* и *метафизический*. Это общепhilosophические методы. Метафизический метод с середины XIX века начал все больше и больше вытесняться из естествознания диалектическим методом.

Вторую группу методов познания составляют общенаучные методы, которые используются в самых различных областях науки, т. е. имеют весьма широкий междисциплинарный спектр применения. Классификация общенаучных методов тесно связана с понятием уровней научного познания.

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

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах, явлениях путем проведения наблюдений, выполнения разнообразных измерений, постановки экспериментов. Здесь производится также первичная систематизация получаемых фактических данных в виде таблиц, схем, графиков и т. п. Кроме того, уже на втором уровне научного познания — как следствие обобщения научных фактов — возможно формулирование некоторых эмпирических закономерностей.

Теоретический уровень научного исследования осуществляется на рациональной (логической) ступени познания. На данном уровне происходит раскрытие наиболее глубоких, существенных сторон, связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Теоретический уровень — более высокая ступень в научном познании. Результатами теоретического познания становятся гипотезы, теории, законы.

Выделяя в научном исследовании указанные два различных уровня, не следует, однако, их отрывать друг от друга и противопоставлять. Ведь эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны между собой. Эмпи-

рический уровень выступает в качестве основы, фундамента теоретического осмысления научных фактов, статистических данных, получаемых на эмпирическом уровне. К тому же теоретическое мышление неизбежно опирается на чувственно-наглядные образы (в том числе схемы, графики и т. п.), с которыми имеет дело эмпирический уровень исследования.

В свою очередь, эмпирический уровень научного познания не может существовать без достижений теоретического уровня. Эмпирическое исследование обычно опирается на определенную теоретическую конструкцию, которая определяет направление этого исследования, обуславливает и обосновывает применяемые при этом методы.

К третьей группе методов научного познания относятся методы, используемые только в рамках исследований какой-то конкретной науки или какого-то конкретного явления. Такие методы именуется частнонаучными. Каждая частная наука (биология, химия, геология и т. д.) имеет свои специфические методы исследования.

При этом частнонаучные методы, как правило, содержат в различных сочетаниях те или иные общенаучные методы познания. В частнонаучных методах могут присутствовать наблюдения, измерения, индуктивные или дедуктивные умозаключения и т. д. Характер их сочетания и использования находится в зависимости от условий исследования, природы изучаемых объектов. Таким образом, частнонаучные методы не оторваны от общенаучных. Они тесно связаны с ними, включают в себя специфическое применение общенаучных познавательных приемов для изучения конкретной области объективного мира.

Частнонаучные методы связаны и со всеобщим диалектическим методом, который как бы преломляется через них. Например, всеобщий диалектический принцип развития проявился в биологии в виде открытого Ч. Дарвином естественно-исторического закона эволюции животных и растительных видов.

К сказанному остается добавить, что любой метод сам по себе еще не предопределяет успеха в познании тех или иных сторон материальной действительности. Важно еще умение правильно применять научный метод в процессе познания.

Общенаучные методы эмпирического познания

1.1. Научное наблюдение

Наблюдение есть чувственное (преимущественно — визуальное) отражение предметов и явлений внешнего мира. Это — исходный метод эмпирического познания, позволяющий получить некоторую первичную информацию об объектах окружающей действительности.

Научное наблюдение (в отличие от обыденных, повседневных наблюдений) характеризуется рядом особенностей:

- целенаправленностью (наблюдение должно вестись для решения поставленной задачи исследования, а внимание наблюдателя фиксироваться только на явлениях, связанных с этой задачей);
- планомерностью (наблюдение должно проводиться строго по плану, составленному исходя из задачи исследования);
- активностью (исследователь должен активно искать, выделять нужные ему моменты в наблюдаемом явлении, привлекая для этого свои знания и опыт, используя различные технические средства наблюдения).

Научные наблюдения всегда сопровождаются *описанием* объекта познания. Последнее необходимо для фиксации тех свойств, сторон изучаемого объекта, которые составляют предмет исследования. Описания результатов наблюдений образуют эмпирический базис науки, опираясь на который исследователи создают эмпирические обобщения, сравнивают изучаемые объекты по тем или иным параметрам, проводят классификацию их по каким-то свойствам, характеристикам, выясняют последовательность этапов их становления и развития.

Почти каждая наука проходит указанную первоначальную, «описательную» стадию развития. При этом, основные требования, которые предъявляются к научному описанию, направлены на то, чтобы оно было возможно более полным, точным и объективным. Описание должно давать достоверную и адекватную картину самого объекта, точно отображать изучаемые явления. Важно, чтобы понятия, используемые для описания, всегда имели четкий и однознач-

ный смысл. При развитии науки, изменении ее основ преобразуются средства описания, часто создается новая система понятий.

По способу проведения наблюдения могут быть непосредственными и опосредованными.

При *непосредственных наблюдениях* те или иные свойства, стороны объекта отражаются, воспринимаются органами чувств человека. Такого рода наблюдения дали немало полезного в истории науки. Известно, например, что наблюдения положения планет и звезд на небе, проводившиеся в течение более двадцати лет Тихо Браге с непревзойденной для невооруженного глаза точностью, явились эмпирической основой для открытия Кеплером его знаменитых законов.

В настоящее время непосредственное визуальное наблюдение широко используется в космических исследованиях как важный (а иногда и незаменимый) метод научного познания. Визуальные наблюдения с борта пилотируемой орбитальной станции — наиболее простой и весьма эффективный метод исследования из космоса параметров атмосферы, поверхности суши и океана.

Хотя непосредственное наблюдение продолжает играть немаловажную роль в современной науке, однако чаще всего научное наблюдение бывает *опосредованным*, т. е. проводится с использованием тех или иных технических средств. Появление и развитие таких средств во многом определило то громадное расширение возможностей метода наблюдений, которое произошло за последние четыре столетия.

Если, например, до начала XVII века астрономы наблюдали за небесными телами невооруженным глазом, то изобретение Галилеем в 1608 году оптического телескопа подняло астрономические наблюдения на новую, гораздо более высокую ступень. А создание в наши дни рентгеновских телескопов и вывод их в космическое пространство на борту орбитальной станции (рентгеновские телескопы могут работать только за пределами земной атмосферы) позволили проводить наблюдения за такими объектами Вселенной (пульсары, квазары), которые никаким другим путем изучать было бы невозможно.

Подобно развитию технических средств дальних наблюдений, создание в XVII веке оптического микроскопа, а

много позднее, уже в XX веке, и электронного микроскопа позволило исследователям наблюдать удивительный мир микрообъектов, микроявлений.

Развитие современного естествознания связано с повышением роли так называемых *косвенных наблюдений*. Так, объекты и явления, изучаемые ядерной физикой, не могут прямо наблюдаться ни с помощью органов чувств человека, ни с помощью самых совершенных приборов. То, что ученые наблюдают в процессе эмпирических исследований в атомной физике, — это не сами микрообъекты, а только результаты их воздействия на определенные технические средства исследования. Например, при изучении свойств заряженных частиц с помощью камеры Вильсона эти частицы воспринимаются исследователем косвенно — по таким видимым их проявлениям, как образование *треков*, состоящих из множества капелек жидкости.

Любые научные наблюдения, хотя они опираются в первую очередь на работу органов чувств, требуют в то же время участия и теоретического мышления. Исследователь, опираясь на свои знания, опыт, должен осознать чувственные восприятия и выразить их (описать) либо в понятиях обычного языка, либо — более строго и сокращенно — в определенных научных терминах, в каких-то графиках, таблицах, рисунках и т. п.

Наблюдения могут нередко играть важную эвристическую роль в научном познании. В процессе наблюдений могут быть открыты совершенно новые явления, позволяющие обосновать ту или иную научную гипотезу. Приведем лишь один пример из области истории космических исследований. Участники длительных экспедиций в космос на орбитальной станции «Салют-6» вели наблюдения Мирового океана, ибо над ним и даже в его глубинах формируется погода планеты. В результате этих наблюдений были обнаружены так называемые синоптические вихри. Последние представляют собой специфические образования в океане, размеры и цвет которых бывают различными. Некоторые из них имеют зеленоватую окраску, что характеризует подъем глубинных вод к поверхности, другие отличаются голубой окраской — здесь вода с поверхности уходит в глубину. Эти наблюдения позволили подтвердить гипотезу академика Г.И. Марчука, согласно которой в

Мировом океане есть энергоактивные зоны, являющиеся своеобразными «генераторами погоды». Именно над такими аномалиями и начинается формирование циклонов.

Для получения каких-то выводов об исследуемом явлении, для обнаружения чего-то существенного в нем зачастую требуется проведение весьма большого количества наблюдений. Например, для получения даже краткосрочного прогноза погоды необходимо проводить огромное число наблюдений за различными метеорологическими параметрами атмосферы. Такие наблюдения в современном мире осуществляют свыше 10 тысяч метеорологических станций, получающих необходимые данные в районе земной поверхности, и около 800 станций радиозондирования, собирающих данные во всей толще атмосферы. К этому надо добавить метеорологическую информацию, которая является результатом наблюдений, проводимых с оснащенных специальной аппаратурой морских судов и самолетов, беспилотных метеорологических спутников Земли и пилотируемых орбитальных станций. Весь этот обширный комплекс технических средств обеспечивает глобальные наблюдения за состоянием атмосферы, поверхности суши и океана с целью изучения тех физических процессов, которые определяют аномалии погоды на нашей планете.

Из всего вышесказанного следует, что наблюдение является весьма важным методом эмпирического познания, обеспечивающим сбор обширной информации об окружающем мире. Как показывает история науки, при правильном использовании этого метода он оказывается весьма плодотворным.

1.2. Эксперимент

Эксперимент — более сложный метод эмпирического познания по сравнению с наблюдением. Он предполагает активное, целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект для выявления и изучения тех или иных его сторон, свойств, связей. При этом экспериментатор может преобразовывать исследуемый объект, создавать искусственные условия его изучения, вмешиваться в естественное течение процессов.

Эксперимент включает в себя другие методы эмпирического исследования (наблюдение, измерение). В то же вре-

мя он обладает рядом важных, присущих только ему особенностей.

Во-первых, эксперимент позволяет изучать объект в «очищенном» виде, т. е. устранять всякого рода побочные факторы, наслоения, затрудняющие процесс исследования. Например, проведение некоторых экспериментов требует специально оборудованных помещений, защищенных (экранированных) от внешних электромагнитных воздействий на изучаемый объект.

Во-вторых, в ходе эксперимента объект может быть поставлен в некоторые искусственные, в частности, экстремальные условия, т. е. изучаться при сверхнизких температурах, при чрезвычайно высоких давлениях или, наоборот, в вакууме, при огромных напряженностях электромагнитного поля и т. п. В таких искусственно созданных условиях удастся обнаружить удивительные, порой неожиданные свойства объектов и тем самым глубже постигать их сущность. Очень интересными и многообещающими являются в этом плане космические эксперименты, позволяющие изучать объекты, явления в таких особых, необычных условиях (невесомость, глубокий вакуум), которые недостижимы в земных лабораториях.

В-третьих, изучая какой-либо процесс, экспериментатор может вмешиваться в него, активно влиять на его протекание. Как отмечал академик И.П. Павлов «наблюдение собирает то, что ему предлагает природа, опыт же берет у природы то, что хочет»¹.

В-четвертых, важным достоинством многих экспериментов является их воспроизводимость. Это означает, что условия эксперимента, а соответственно и проводимые при этом наблюдения, измерения могут быть повторены столько раз, сколько это необходимо для получения достоверных результатов.

В истории науки известен, например, такой случай. Американский физик Шэнкланд, изучавший соударения фотонов с электронами, пришел к выводу о невыполнении закона сохранения энергии в элементарном акте соударения. Эти эксперименты вызвали сенсацию. Но ряд крупных физиков отнеслись к ним скептически. Тогда Шэнкланд решил повторить свои эксперименты. Пытаясь воспроизвести свои прежние результаты, он нашел ошибку в методике экспериментирования. Выявилось, что при пра-

вильной постановке эксперимента закон сохранения энергии соблюдается и в указанном элементарном акте соударения. Так, благодаря воспроизводимости экспериментальных исследований, вторая работа Шэнкланда опровергла первую.

Подготовка и проведение эксперимента требуют соблюдения ряда условий. Так, научный эксперимент:

- никогда не ставится «наобум», он предполагает наличие четко сформулированной цели исследования;
- не делается «вслепую», он всегда базируется на каких-то исходных теоретических положениях;
- не проводится беспланово, хаотически; предварительно исследователь намечает пути его проведения;
- требует определенного уровня развития технических средств познания, необходимого для его реализации;
- должен проводиться людьми, имеющими достаточно высокую квалификацию.

Только совокупность всех этих условий определяет успех в экспериментальных исследованиях.

В зависимости от характера проблем, решаемых в ходе экспериментов, последние обычно подразделяются на исследовательские и проверочные.

Исследовательские эксперименты дают возможность обнаружить у объекта новые, неизвестные свойства. Результатом такого эксперимента могут быть выводы, не вытекающие из имевшихся знаний об объекте исследования. Примером могут служить эксперименты, поставленные в лаборатории Э. Резерфорда, в ходе которых обнаружилось странное поведение альфа-частиц при бомбардировке ими золотой фольги: большинство частиц проходило сквозь фольгу, небольшое количество частиц отклонялось и рассеивалось, а некоторые частицы не просто отклонялись, а отскакивали обратно, как мяч от сетки. Такая экспериментальная картина, согласно расчетам, получалась в силу того, что вся масса атома сосредоточена в ядре, занимающем ничтожную часть его объема (отскакивали обратно альфа-частицы, соударявшиеся с ядром). Так, исследовательский эксперимент, проведенный Резерфордом и его сотрудниками, привел к обнаружению ядра атома, а тем самым и к рождению ядерной физики.

Проверочные эксперименты служат для проверки, подтверждения тех или иных теоретических построений. Так,

существование целого ряда элементарных частиц (позитрона, нейтрино и др.) было вначале предсказано теоретически, и лишь позднее они были обнаружены экспериментальным путем.

Исходя из методики проведения и получаемых результатов, эксперименты можно разделить на качественные и количественные. *Качественные эксперименты* носят поисковый характер и не приводят к получению каких-либо количественных соотношений. Они позволяют лишь выявить действие тех или иных факторов на изучаемое явление. *Количественные эксперименты* направлены на установление точных количественных зависимостей в исследуемом явлении. В реальной практике экспериментального исследования оба указанных типа экспериментов реализуются, как правило, в виде последовательных этапов развития познания.

Как известно, связь между электрическими и магнитными явлениями впервые была открыта датским физиком Эрстедом в результате чисто качественного эксперимента (поместив магнитную стрелку компаса рядом с проводником, через который пропускался электрический ток, он обнаружил, что стрелка отклоняется от первоначального положения). После опубликования Эрстедом своего открытия последовали количественные эксперименты французских ученых Био и Савара, а также опыты Ампера, на основе которых была выведена соответствующая математическая формула. Все эти качественные и количественные эмпирические исследования заложили основы учения об электромагнетизме.

В зависимости от области научного знания, в которой используется экспериментальный метод исследования, различают естественнонаучный, прикладной (в технических науках, в сельскохозяйственной науке и т. д.) и социально-экономический эксперименты.

В конце XIX века, например, два видных ученых Г. Герц и А. С. Попов занимались экспериментальным изучением электромагнитных колебаний. Но Герц ставил перед собой лишь задачу экспериментальной проверки теоретических построений Максвелла. Практическое применение электромагнитных колебаний его не интересовало. Поэтому эксперименты Герца, в ходе которых были получены электромагнитные волны, предсказанные теорией Максвелла, сле-

дует рассматривать как естественнонаучные. Что же касается экспериментов А.С. Попова, то они имели четкую практическую направленность (как практически использовать «волны Герца»?) и были экспериментами в области зарождающейся прикладной науки — радиотехники. Более того, Герц вообще не верил в возможность практического применения электромагнитных волн, не видел никакой связи между своими экспериментами и нуждами практики. Узнав о попытках практического использования электромагнитных волн, Герц даже написал в Дрезденскую палату коммерции, что исследования в этом направлении нужно запретить как бесполезные.

Завершая рассмотрение экспериментального метода исследования, следует упомянуть об очень важной проблеме *планирования эксперимента*. Еще в первой половине нынешнего столетия все экспериментальные исследования сводились к проведению так называемого однофакторного эксперимента, когда изменялся какой-то один фактор исследуемого процесса, а все остальные оставались неизменными. Но развитие науки настойчиво требовало исследования процессов, зависящих от множества меняющихся факторов. Использование в этом случае методики однофакторного эксперимента было бессмысленным, ибо требовало выполнения астрономического количества опытов.

В начале 20-х годов XX столетия английский статистик Р. Фишер впервые разработал и доказал целесообразность метода одновременного варьирования всех факторов, влияющих на результаты экспериментальных исследований в области прикладных наук. Но лишь через три десятилетия эта работа Фишера нашла практическое применение. В 1951 году Бокс и Уилсон разработали метод, по которому исследователь должен ставить последовательные небольшие серии опытов, варьируя в каждой из этих серий по определенным правилам все факторы. При этом организуются указанные серии таким образом, чтобы после математической обработки предыдущей можно было бы выбрать (спланировать) условия проведения следующей серии, что в конечном итоге позволит выйти в область оптимума.

После упомянутой работы Бокса и Уилсона появился целый ряд работ на эту же тему, в которых предлагались и другие методики. Достигнутые успехи в теоретической

разработке и практическом применении планирования эксперимента в научных исследованиях привели к появлению новой дисциплины — *математической теории эксперимента*. Эта теория направлена на решение задачи получения достоверного результата экспериментального исследования с минимальными затратами труда, времени и средств. В итоге достигается оптимизация работы экспериментатора при одновременном обеспечении высокого качества экспериментальных исследований. А «высокое качество эксперимента, — как подчеркивал академик П.Л. Капица, — является необходимым условием здорового развития науки»².

1.3. Измерение

Большинство научных экспериментов и наблюдений включает в себя проведение разнообразных измерений. *Измерение* — это процесс, заключающийся в определении количественных значений тех или иных свойств, сторон изучаемого объекта, явления с помощью специальных технических устройств.

Огромное значение измерений для науки отмечали многие видные ученые. Например, Д.И. Менделеев подчеркивал, что «наука начинается с тех пор, как начинают измерять». А известный английский физик В. Томсон (Кельвин) указывал на то, что «каждая вещь известна лишь в той степени, в какой ее можно измерить»³.

Важной стороной процесса измерения является методика его проведения. Она представляет собой совокупность приемов, использующих определенные принципы и средства измерений. Под принципами измерений в данном случае имеются в виду какие-то явления, которые положены в основу измерений (например, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта).

Результат измерения получается в виде некоторого числа единиц измерения. *Единица измерения* — это эталон, с которым сравнивается измеряемая сторона объекта или явления (эталону присваивается числовое значение «1»), Существует множество единиц измерения, соответствующее множеству объектов, явлений, их свойств, сторон, связей, которые приходится измерять в процессе научного познания. При этом единицы измерения подразделяются на ос-

новные, выбираемые в качестве базисных при построении системы единиц, и *производные*, выводимые из других единиц с помощью каких-то математических соотношений.

Методика построения системы единиц как совокупности основных и производных была впервые предложена в 1832 году К. Гауссом. Он построил систему единиц, в которой за основу были приняты три произвольные, независимые друг от друга основные единицы — длины (миллиметр), массы (миллиграмм) и времени (секунда). Все остальные (производные) единицы можно было определить с помощью этих трех. В дальнейшем с развитием науки и техники появились и другие системы единиц физических величин, построенных по принципу, предложенному Гауссом. Они базировались на метрической системе мер, но отличались друг от друга основными единицами.

Кроме того, в физике появились так называемые *естественные* системы единиц. Их основные единицы определялись из законов природы (это исключало произвол человека при построении указанных систем). Примером может служить «естественная» система физических единиц, предложенная в свое время Максом Планком. В ее основу были положены «мировые постоянные»: скорость света в пустоте, постоянная тяготения, постоянная Больцмана и постоянная Планка. Исходя из них и приравняв их к «1», Планк получил ряд производных единиц (длины, массы, времени и температуры).

Основное значение подобных «естественных» систем единиц (к ним относятся также система атомных единиц Хартри и некоторые другие) состоит в существенном упрощении вида отдельных уравнений физики. Однако размеры единиц таких систем делают их малоудобными для практики. Кроме того, точность измерения основных единиц подобных систем, необходимая для установления всех производных единиц, еще далеко не достаточна. В силу указанных причин предложенные до сих пор «естественные» системы единиц не могут в настоящее время найти применения при решении вопроса об унификации единиц измерения.

Вопрос об обеспечении единообразия в измерении величин, отражающих те или иные явления материального мира, всегда был очень важным. Отсутствие такого единообразия порождало существенные трудности для научного

познания. Например, до 1880 года включительно не существовало единства в измерении электрических величин: использовалось 15 различных единиц электрического сопротивления, 8 единиц электродвижущей силы, 5 единиц электрического тока и т. д. Сложившееся положение сильно затрудняло сопоставление результатов измерений и расчетов, выполненных различными исследователями. Остро ощущалась необходимость введения единой системы электрических единиц. Такая система была принята первым международным конгрессом по электричеству, состоявшимся в 1881 году.

В настоящее время в естествознании действует преимущественно Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 году XI Генеральной конференцией по мерам и весам. Международная система единиц построена на базе семи основных (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль) и двух дополнительных (радиан,стерадиан) единиц. С помощью специальной таблицы множителей и приставок можно образовывать кратные и дольные единицы (например, с помощью множителя 10^{-3} и приставки «милли» к наименованию любой из названных выше единиц измерения можно образовывать дольную единицу размером в одну тысячную от исходной).

Международная система единиц физических величин является наиболее совершенной и универсальной из всех существовавших до настоящего времени. Она охватывает физические величины механики, термодинамики, электродинамики и оптики, которые связаны между собой физическими законами.

Потребность в единой международной системе единиц измерения в условиях современной научно-технической революции очень велика. Поэтому такие международные организации, как ЮНЕСКО и Международная организация законодательной метрологии, призвали государства, являющиеся членами этих организаций, принять вышеупомянутую Международную систему единиц и градуировать в этих единицах все измерительные приборы.

Существует несколько видов измерений. Исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, измерения разделяют на статические и динамические. При *статических измерениях* величина, которую мы измеряем, остается постоянной во времени (измерение размеров тел,

постоянного давления и т. п.). К *динамическим* относят такие измерения, в процессе которых измеряемая величина меняется во времени (измерение вибраций, пульсирующих давлений и т. п.).

По способу получения результатов различают измерения прямые и косвенные. В *прямых измерениях* искомое значение измеряемой величины получается путем непосредственного сравнения ее с эталоном или выдается измерительным прибором. При *косвенном измерении* искомую величину определяют на основании известной математической зависимости между этой величиной и другими величинами, получаемыми путем прямых измерений (например, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения). Косвенные измерения широко используются в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить непосредственно или когда прямое измерение дает менее точный результат.

Технические возможности измерительных приборов в значительной мере отражают уровень развития науки. С современной точки зрения, приборы, использовавшиеся учеными-естествоиспытателями в XIX веке и в начале XX столетия, были весьма несовершенны. Тем не менее, с помощью этих приборов ставились иногда блестящие эксперименты, оставившие заметный след в истории науки, открывались и изучались важные закономерности природы.

С прогрессом науки продвигается вперед и измерительная техника. Наряду с совершенствованием существующих измерительных приборов, работающих на основе традиционных, утвердившихся принципов (замена материалов, из которых сделаны детали прибора, внесение в его конструкцию отдельных изменений и т. д.), происходит переход на принципиально новые конструкции измерительных устройств, обусловленные новыми теоретическими предпосылками. В последнем случае создаются приборы, в которых находят реализацию новые научные достижения. Так, например, развитие квантовой физики существенно повысило возможности измерений с высокой степенью точности. Использование эффекта Мессбауэра позволяет создать прибор с разрешающей способностью порядка 10^{-13} % измеряемой величины.

Хорошо развитое измерительное приборостроение, разнообразие методов и высокие характеристики средств измерения способствуют прогрессу в научных исследованиях. В свою очередь, решение научных проблем, как уже отмечалось выше, часто открывает новые пути совершенствования самих измерений.

2. Общенаучные методы теоретического познания

2.1. Абстрагирование и идеализация. Мысленный эксперимент

Процесс познания всегда начинается с рассмотрения конкретных, чувственно воспринимаемых предметов и явлений, их внешних признаков, свойств, связей. Только в результате изучения чувственно-конкретного человек приходит к каким-то обобщенным представлениям, понятиям, к тем или иным теоретическим положениям, т.е. научным абстракциям. Получение этих абстракций связано со сложной абстрагирующей деятельностью мышления.

В процессе абстрагирования происходит отход (восхождение) от чувственно воспринимаемых конкретных объектов (со всеми их свойствами, сторонами и т. д.) к воспроизводимым в мышлении абстрактным представлениям о них.

Абстрагирование, таким образом, заключается в мысленном отвлечении от каких-то — менее существенных — свойств, сторон, признаков изучаемого объекта с одновременным выделением, формированием одной или нескольких существенных сторон, свойств, признаков этого объекта. Результат, получаемый в процессе абстрагирования, именуют *абстракцией* (или используют термин *абстрактное* — в отличие от *конкретного*).

В научном познании широко применяются, например, абстракции отождествления и изолирующие абстракции. *Абстракция отождествления* представляет собой понятие, которое получается в результате отождествления некоторого множества предметов (при этом отвлекаются от це-

лого ряда индивидуальных свойств, признаков данных предметов) и объединения их в особую группу. Примером может служить группировка всего множества растений и животных, обитающих на нашей планете, в особые виды, роды, отряды и т. д. *Изолирующая абстракция* получается путем выделения некоторых свойств, отношений, неразрывно связанных с предметами материального мира, в самостоятельные сущности («устойчивость», «растворимость», «электропроводность» и т. п.).

Переход от чувственно-конкретного к абстрактному всегда связан с известным упрощением действительности. Вместе с тем, восходя от чувственно-конкретного к абстрактному, теоретическому, исследователь получает возможность глубже понять изучаемый объект, раскрыть его сущность.

Конечно, в истории науки имели место и ложные, неверные абстракции, не отражавшие ровным счетом ничего в объективном мире (эфир, теплород, жизненная сила, электрическая жидкость и т. п.). Использование подобных «мертвых абстракций» создавало лишь видимость объяснения наблюдаемых явлений. В действительности же никакого углубления познания в этом случае не происходило.

Развитие естествознания повлекло за собой открытие все новых и новых действительных сторон, свойств, связей объектов и явлений материального мира. Необходимым условием прогресса познания стало образование подлинно научных, «не вздорных» абстракций, которые позволили бы глубже познать сущность изучаемых явлений. Процесс перехода от чувственно-эмпирических, наглядных представлений об изучаемых явлениях к формированию определенных абстрактных, теоретических конструкций, отражающих сущность этих явлений, лежит в основе развития любой науки.

Мысленная деятельность исследователя в процессе научного познания включает в себя особый вид абстрагирования, который называют идеализацией. *Идеализация* представляет собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследований.

В результате таких изменений могут быть, например, исключены из рассмотрения какие-то свойства, стороны, признаки объектов. Так, широко распространенная в меха-

нике идеализация, именуемая материальной точкой, подразумевает тело, лишенное всяких размеров. Такой абстрактный объект, размерами которого пренебрегают, удобен при описании движения. Причем подобная абстракция позволяет заменить в исследовании самые различные реальные объекты: от молекул или атомов при решении многих задач статистической механики и до планет Солнечной системы при изучении, например, их движения вокруг Солнца.

Изменения объекта, достигаемые в процессе идеализации, могут производиться также и путем наделения его какими-то особыми свойствами, в реальной действительности неосуществимыми. Примером может служить введенная путем идеализации в физику абстракция, известная под названием *абсолютно черного тела*. Такое тело наделяется несуществующим в природе свойством поглощать абсолютно всю попадающую на него лучистую энергию, ничего не отражая и ничего не пропуская сквозь себя. Спектр излучения абсолютно черного тела является идеальным случаем, ибо на него не оказывает влияния природа вещества излучателя или состояние его поверхности. А если можно теоретически описать спектральное распределение плотности энергии излучения для идеального случая, то можно кое-что узнать и о процессе излучения вообще. Указанная идеализация сыграла важную роль в прогрессе научного познания в области физики, ибо помогла выявить ошибочность некоторых существовавших во второй половине XIX века представлений. Кроме того, работа с таким идеализированным объектом помогла заложить основы квантовой теории, ознаменовавшей радикальный переворот в науке.

Целесообразность использования идеализации определяется следующими обстоятельствами.

Во-первых, идеализация целесообразна тогда, когда подлежащие исследованию реальные объекты достаточно сложны для имеющихся средств теоретического, в частности, математического, анализа. А по отношению к идеализированному случаю можно, приложив эти средства, построить и развить теорию, в определенных условиях и целях эффективную, для описания свойств и поведения этих реальных объектов. (Последнее, в сущности, и удостоверяет плодотворность идеализации, отличает ее от бесплодной фантазии).

Во-вторых, идеализацию целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо исключить некоторые свойства, связи исследуемого объекта, без которых он существовать не может, но которые затемняют существо протекающих в нем процессов. Сложный объект представляется как бы в «очищенном» виде, что облегчает его изучение.

На эту гносеологическую возможность идеализации обратил внимание Ф. Энгельс, который показал ее на примере исследования, проведенного Сади Карно: «Он изучил паровую машину, проанализировал ее, нашел, что в ней основной процесс не выступает в чистом виде, а заслонен всякого рода побочными процессами, устранил эти безразличные для главного процесса побочные обстоятельства и сконструировал идеальную паровую машину (или газовую машину), которую, правда, также нельзя осуществить, как нельзя, например, осуществить геометрическую линию или геометрическую плоскость, но которая оказывает, по-своему, такие же услуги, как эти математические абстракции. Она представляет рассматриваемый процесс в чистом, независимом, неискаженном виде»⁴.

В-третьих, применение идеализации целесообразно тогда, когда исключаемые из рассмотрения свойства, стороны, связи изучаемого объекта не влияют в рамках данного исследования на его сущность. Выше уже упоминалось, например, о том, что абстракция материальной точки позволяет в некоторых случаях представлять самые различные объекты — от молекул или атомов до гигантских космических объектов. При этом правильный выбор допустимости подобной идеализации играет очень большую роль. Если в ряде случаев возможно и целесообразно рассматривать атомы в виде материальных точек, то такая идеализация становится недопустимой при изучении структуры атома. Точно так же можно считать материальной точкой нашу планету при рассмотрении ее вращения вокруг Солнца, но отнюдь не в случае рассмотрения ее собственного суточного вращения.

Будучи разновидностью абстрагирования, идеализация допускает элемент чувственной наглядности (обычный процесс абстрагирования ведет к образованию мысленных абстракций, не обладающих никакой наглядностью). Эта особенность идеализации очень важна для реализации такого специфического метода теоретического познания, како-

вым является *мысленный эксперимент* (его также называют умственным, субъективным, воображаемым, идеализированным).

Мысленный эксперимент предполагает оперирование идеализированным объектом (замещающим в абстракции объект реальный), которое заключается в мысленном подборе тех или иных положений, ситуаций, позволяющих обнаружить какие-то важные особенности исследуемого объекта. В этом проявляется определенное сходство мысленного (идеализированного) эксперимента с реальным. Более того, всякий реальный эксперимент, прежде чем быть осуществленным на практике, сначала «проигрывается» исследователем мысленно в процессе обдумывания, планирования. В этом случае мысленный эксперимент выступает в роли предварительного идеального плана реального эксперимента.

Вместе с тем мысленный эксперимент играет и самостоятельную роль в науке. При этом, сохраняя сходство с реальным экспериментом, он в то же время существенно отличается от него. Эти отличия заключаются в следующем.

Реальный эксперимент — это метод, связанный с практическим, предметно-манипулятивным, «орудийным» познанием окружающего мира. В мысленном же эксперименте исследователь оперирует не материальными объектами, а их идеализированными образами, и само оперирование производится в его сознании, т. е. чисто умозрительно.

Возможность постановки реального эксперимента определяется наличием соответствующего материально-технического (а иногда и финансового) обеспечения. Мысленный эксперимент такого обеспечения не требует.

В реальном эксперименте приходится считаться с реальными физическими и иными ограничениями его проведения, с невозможностью в ряде случаев устранить мешающие ходу эксперимента воздействия извне, с искажением в силу указанных причин получаемых результатов. В этом плане мысленный эксперимент имеет явное преимущество перед экспериментом реальным. В мысленном эксперименте можно абстрагироваться от действия нежелательных факторов, проведя его в идеализированном, «чистом» виде.

В научном познании могут быть случаи, когда при исследовании некоторых явлений, ситуаций проведение реальных экспериментов оказывается вообще невозможным.

Этот пробел в познании может восполнить только мысленный эксперимент.

Научная деятельность Галилея, Ньютона, Максвелла, Карно, Эйнштейна и других ученых, заложивших основы современного естествознания, свидетельствует о существенной роли мысленного эксперимента в формировании теоретических идей. История развития физики богата фактами использования мысленных экспериментов. Примером могут служить мысленные эксперименты Галилея, приведшие к открытию закона инерции.

Реальные эксперименты, в которых невозможно устранить фактор трения, казалось бы, подтверждали господствовавшую в течение тысячелетий концепцию Аристотеля, утверждавшую, что движущееся тело останавливается, если толкающая его сила прекращает свое действие. Такое утверждение основывалось на простой констатации фактов, наблюдаемых в реальных экспериментах (шар или тележка, получившие силовое воздействие, а затем катящиеся уже без него по горизонтальной поверхности, неизбежно замедляли свое движение и в конце концов останавливались). В этих экспериментах наблюдать равномерное не прекращающееся движение по инерции было невозможно.

Галилей, проделав мысленно указанные эксперименты с поэтапным идеализированием трущихся поверхностей и доведением до полного исключения из взаимодействия трения, опроверг аристотелевскую точку зрения и сделал единственно правильный вывод. Этот вывод мог быть получен только с помощью мысленного эксперимента, обеспечившего возможность открытия фундаментального закона механики движения.

Метод идеализации, оказывающийся весьма плодотворным во многих случаях, имеет в то же время определенные ограничения. Развитие научного познания заставляет иногда отказываться от принятых ранее идеализированных представлений. Так произошло, например, при создании Эйнштейном специальной теории относительности, из которой были исключены ньютоновские идеализации «абсолютное пространство» и «абсолютное время». Кроме того, любая идеализация ограничена конкретной областью явлений и служит для решения только определенных проблем. Это хорошо видно хотя бы на примере вышеуказанной идеализации «абсолютно черное тело».

Сама по себе идеализация, хотя и может быть плодотворной и даже подводить к научному открытию, еще недостаточна для того, чтобы сделать это открытие. Здесь определяющую роль играют теоретические установки, из которых исходит исследователь. Рассмотренная выше идеализация паровой машины, удачно осуществленная Сади Карно, подвела его к открытию механического эквивалента теплоты, которого, однако, «...он не мог открыть и увидеть лишь потому, — отмечает Ф. Энгельс, — что верил в *теплород*. Это является также доказательством вреда ложных теорий»⁵.

Основное положительное значение идеализации как метода научного познания заключается в том, что получаемые на ее основе теоретические построения позволяют затем эффективно исследовать реальные объекты и явления. Упрощения, достигаемые с помощью идеализации, облегчают создание теории, вскрывающей законы исследуемой области явлений материального мира. Если теория в целом правильно описывает реальные явления, то закономерны и положенные в ее основу идеализации.

2.2. Формализация. Язык науки

Под *формализацией* понимается особый подход в научном познании, который заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений и оперировать вместо этого некоторым множеством символом (знаков).

Ярким примером формализации являются широко используемые в науке математические описания различных объектов, явлений, основывающиеся на соответствующих содержательных теориях. При этом используемая математическая символика не только помогает закрепить уже имеющиеся знания об исследуемых объектах, явлениях, но и выступает своего рода инструментом в процессе дальнейшего их дознания.

Для построения любой формальной системы необходимо:

- а) задание алфавита, т. е. определенного набора знаков;
- б) задание правил, по которым из исходных знаков этого алфавита могут быть получены «слова», «формулы»;

в) задание правил, по которым от одних слов, формул данной системы можно переходить к другим словам и формулам (так называемые правила вывода).

В результате создается формальная знаковая система в виде определенного искусственного языка. Важным достоинством этой системы является возможность проведения в ее рамках исследования какого-либо объекта чисто формальным путем (оперирование знаками) без непосредственного обращения к этому объекту.

Другое достоинство формализации состоит в обеспечении краткости и четкости записи научной информации, что открывает большие возможности для оперирования ею. Вряд ли удалось бы успешно пользоваться, например, теоретическими выводами Максвелла, если бы они не были компактно выражены в виде математических уравнений, а описывались бы с помощью обычного, естественного языка.

Разумеется, формализованные искусственные языки не обладают гибкостью и богатством языка естественного. Зато в них отсутствует многозначность терминов (полисемия), свойственная естественным языкам. Они характеризуются точно построенным синтаксисом (устанавливающим правила связи между знаками безотносительно их содержания) и однозначной семантикой (семантические правила формализованного языка вполне однозначно определяют соотношенность знаковой системы с определенной предметной областью). Таким образом, формализованный язык обладает свойством моносемичности.

Возможность представить те или иные теоретические положения науки в виде формализованной знаковой системы имеет большое значение для познания. Но при этом следует иметь в виду, что формализация той или иной теории возможна только при учете ее содержательной стороны. Только в этом случае могут быть правильно применены те или иные формализмы. Голое математическое уравнение еще не представляет физической теории, чтобы получить физическую теорию, необходимо придать математическим символам конкретное эмпирическое содержание.

Поучительным примером формально полученного и на первый взгляд «бессмысленного» результата, который обнаружил впоследствии весьма глубокий физический смысл, являются решения уравнения Дирака, описывающего движение электрона. Среди этих решений оказались такие,

которые соответствовали состояниям с отрицательной кинетической энергией. Позднее было установлено, что указанные решения описывали поведение неизвестной дотоле частицы — позитрона, являющегося антиподом электрона. В данном случае некоторое множество формальных преобразований привело к содержательному и интересному для науки результату.

Расширяющееся использование формализации как метода теоретического познания связано не только с развитием математики. В химии, например, соответствующая химическая символика вместе с правилами оперирования ею явилась одним из вариантов формализованного искусственного языка. Все более важное место метод формализации занимал в логике по мере ее развития. Труды Лейбница положили начало созданию метода логических исчислений. Последний привел к формированию в середине XIX века *математической логики*, которая во второй половине нашего столетия сыграла важную роль в развитии кибернетики, в появлении электронных вычислительных машин, в решении задач автоматизации производства и т. д.

Язык современной науки существенно отличается от естественного человеческого языка. Он содержит много специальных терминов, выражений, в нем широко используются средства формализации, среди которых центральное место принадлежит математической формализации. Исходя из потребностей науки, создаются различные искусственные языки, предназначенные для решения тех или иных задач. Все множество созданных и создаваемых искусственных формализованных языков входит в язык науки, образуя мощное средство научного познания.

Вместе с тем следует иметь в виду, что создание какого-то единого формализованного языка науки не представляется возможным. Дело в том, что даже достаточно богатые формализованные языки не удовлетворяют требованию полноты, т. е. некоторое множество правильно сформулированных предложений такого языка (в том числе и истинных) не может быть выведено чисто формальным путем внутри этого языка. Данное положение вытекает из результатов, полученных в начале 30-х годов XX столетия австрийским логиком и математиком Куртом Гёделем.

Знаменитая теорема Гёделя утверждает, что каждая нормальная система либо противоречива, либо содержит некоторую неразрешимую (хотя и истинную) формулу, т.е. такую формулу, которую в данной системе нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

Правда, то, что не выводимо в данной формальной системе, выводимо в другой системе, более богатой. Но тем не менее все более полная формализация содержания никогда не может достигнуть абсолютной полноты, т.е. возможности любого формализованного языка остаются принципиально ограниченными. Таким образом, Гёдель дал строго логическое обоснование невыполнимости идеи Р. Карнапа о создании единого, универсального, формализованного «физикалистского» языка науки.

Формализованные языки не могут быть единственной формой языка современной науки. В научном познании необходимо использовать и неформализованные системы. Но *тенденция* к возрастающей формализации языков всех и особенно естественных наук является объективной и прогрессивной.

2.3. Индукция и дедукция

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

Индукция широко применяется в научном познании. Обнаруживая сходные признаки, свойства у многих объектов определенного класса, исследователь делает вывод о присущности этих признаков, свойств всем объектам данного класса. Например, в процессе экспериментального изучения электрических явлений использовались проводники тока, выполненные из различных металлов. На основании многочисленных единичных опытов сформировался общий вывод об электропроводности всех металлов. Наряду с другими методами познания, индуктивный метод сыграл важную роль в открытии некоторых законов природы (всемирного тяготения, атмосферного давления, теплового расширения тел и др.).

Индукция, используемая в научном познании (научная индукция), может реализовываться в виде следующих методов:

1. Метод единственного сходства (во всех случаях наблюдения какого-то явления обнаруживается лишь один общий фактор, все другие — различны; следовательно, этот единственный сходный фактор есть причина данного явления).

2. Метод единственного различия (если обстоятельства возникновения какого-то явления и обстоятельства, при которых оно не возникает, почти во всем сходны и различаются лишь одним фактором, присутствующим только в первом случае, то можно сделать вывод, что этот фактор и есть причина данного явления).

3. Соединенный метод сходства и различия (представляет собой комбинацию двух вышеуказанных методов).

4. Метод сопутствующих изменений (если определенные изменения одного явления всякий раз влекут за собой некоторые изменения в другом явлении, то отсюда вытекает вывод о причинной связи этих явлений).

5. Метод остатков (если сложное явление вызывается многофакторной причиной, причем некоторые из этих факторов известны как причина какой-то части данного явления, то отсюда следует вывод: причина другой части явления — остальные факторы, входящие в общую причину этого явления).

Родоначальником классического индуктивного метода познания является Ф. Бэкон. Но он трактовал индукцию чрезвычайно широко, считал ее важнейшим методом открытия новых истин в науке, главным средством научного познания природы.

На самом же деле вышеуказанные методы научной индукции служат главным образом для нахождения эмпирических зависимостей между экспериментально наблюдаемыми свойствами объектов и явлений. В них систематизированы простейшие формально-логические приемы, которые стихийно использовались учеными-естествоиспытателями в любом эмпирическом исследовании. По мере развития естествознания становилось все более ясным, что методы классической индукции далеко не играют той всеохватывающей роли в научном познании, которую им

приписывали Ф. Бэкон и его последователи вплоть до конца XIX века.

Такое неоправданно расширенное понимание роли индукции в научном познании получило наименование *всеиндуктивизма*. Его несостоятельность обусловлена тем, что индукция рассматривается изолированно от других методов познания и превращается в единственное, универсальное средство познавательного процесса. С критикой всеиндуктивизма выступил Ф. Энгельс, указавший, что индукцию нельзя, в частности, отрывать от другого метода познания — дедукции.

Дедукция (от лат. *deductio* — выведение) есть получение частных выводов на основе знания каких-то общих положений. Другими словами, это есть движение нашего мышления от общего к частному, единичному. Например, из общего положения, что все металлы обладают электропроводностью, можно сделать дедуктивное умозаключение об электропроводности конкретной медной проволоки (зная, что медь — металл). Если исходные общие положения являются установленной научной истиной, то методом дедукции всегда будет получен истинный вывод. Общие принципы и законы не дают ученым в процессе дедуктивного исследования сбиться с пути: они помогают правильно понять конкретные явления действительности.

Получение новых знаний посредством дедукции существует во всех естественных науках, но особенно большое значение дедуктивный метод имеет в математике. Опираясь на математические абстракции и строя свои рассуждения на весьма общих положениях, математики вынуждены чаще всего пользоваться дедукцией. И математика является, пожалуй, единственной собственно дедуктивной наукой.

В науке Нового времени пропагандистом дедуктивного метода познания был видный математик и философ Р. Декарт. Вдохновленный своими математическими успехами, будучи убежденным в безошибочности правильно рассуждающего ума, Декарт односторонне преувеличивал значение интеллектуальной стороны за счет опытной в процессе познания истины. Дедуктивная методология Декарта была прямой противоположностью эмпирическому индуктивизму Бэкона.

Но, несмотря на имевшие место в истории науки и философии попытки оторвать индукцию от дедукции, проти-

вопоставить их в реальном процессе научного познания, эти два метода не применяются как изолированные, обособленные друг от друга. Каждый из них используется на соответствующем этапе познавательного процесса.

Более того, в процессе использования индуктивного метода зачастую «в скрытом виде» присутствует и дедукция.

Обобщая факты в соответствии с какими-то идеями, мы тем самым косвенно выводим получаемые нами обобщения из этих идей, причем далеко не всегда отдаем себе в этом отчет. Кажется, что наша мысль движется прямо от фактов к обобщениям, т. е. что тут присутствует чистая индукция. На самом же деле, сообразуясь с какими-то идеями, иначе говоря, неявно руководствуясь ими в процессе обобщения фактов, наша мысль косвенно идет от идей к этим обобщениям, и, следовательно, тут имеет место и дедукция. Можно сказать, что во всех случаях, когда мы обобщаем (сообразуясь, например, с какими-либо философскими положениям) наши умозаключения являются не только индукцией, но и скрытой дедукцией.

Подчеркивая необходимую связь индукции и дедукции, Ф. Энгельс настоятельно советовал ученым: «Вместо того, чтобы односторонне превозносить одну из них до небес за счет другой, надо стараться каждую применять на своем месте, а этого можно добиться лишь в том случае, если не упускать из виду их связь между собой, их взаимное дополнение друг другом»⁶.

1 Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания

3.1. Анализ и синтез

ПОД *анализом* понимают разделение объекта (мысленно или реально) на составные части с целью их отдельного изучения. В качестве таких частей могут быть какие-то вещественные элементы объекта или же его свойства, признаки, отношения и т. п.

Анализ — необходимый этап в познании объекта. С древнейших времен анализ применялся, например, для

разложения на составляющие некоторых веществ. В частности, уже в Древнем Риме анализ использовался для проверки качества золота и серебра в виде так называемого купелирования (анализируемое вещество взвешивалось до и после нагрева). Постепенно формировалась аналитическая химия, которую по праву можно называть матерью современной химии: ведь прежде чем применять то или иное вещество в конкретных целях, необходимо выяснить его химический состав.

Однако в науке Нового времени аналитический метод был абсолютизирован. В указанный период ученые, изучая природу, «рассекали ее на части» (по выражению Ф. Бэкона) и, исследуя части, не замечали значения целого. Это было результатом метафизического метода мышления, который господствовал тогда в умах естествоиспытателей.

Несомненно, анализ занимает важное место в изучении объектов материального мира. Но он составляет лишь первый этап процесса познания. Если бы, скажем, химики ограничивались только анализом, т. е. выделением и изучением отдельных химических элементов, то они не смогли бы познать все те сложные вещества, в состав которых входят эти элементы. Сколь бы глубоко ни были изучены, например, свойства углерода и водорода, по этим сведениям еще ничего нельзя сказать о многочисленных веществах, состоящих из различного сочетания этих химических элементов.

Для постижения объекта как единого целого нельзя ограничиваться изучением лишь его составных частей. В процессе познания необходимо вскрывать объективно существующие связи между ними, рассматривать их в совокупности, в единстве. Осуществить этот второй этап в процессе познания — перейти от изучения отдельных составных частей объекта к изучению его как единого связанного целого — возможно только в том случае, если метод анализа дополняется другим методом — *синтезом*.

В процессе синтеза производится соединение воедино составных частей (сторон, свойств, признаков и т. п.) изучаемого объекта, расчлененных в результате анализа. На этой основе происходит дальнейшее изучение объекта, но уже как единого целого. При этом синтез не означает простого механического соединения разъединенных элементов в единую систему. Он раскрывает место и роль каждого

элемента в системе целого, устанавливает их взаимосвязь и взаимообусловленность, т. е. позволяет понять подлинное диалектическое единство изучаемого объекта.

Анализ и синтез с успехом используются и в сфере мыслительной деятельности человека, т. е. в теоретическом познании, Но и здесь, как и на эмпирическом уровне познания, анализ и синтез — это не две оторванные друг от друга операции. По своему существу они — как бы две стороны единого аналитико-синтетического метода познания. Как подчеркивал Ф. Энгельс, «мышление состоит столько же в разложении предметов сознания на их элементы, сколько в объединении связанных друг с другом элементов в некоторое единство. Без анализа нет синтеза»⁷.

3.2. Аналогия и моделирование

Под *аналогией* понимается подобие, сходство каких-то свойств, признаков или отношений у различных в целом объектов. Установление сходства (или различия) между объектами осуществляется в результате их сравнения. Таким образом, сравнение лежит в основе метода аналогии.

Если делается логический вывод о наличии какого-либо свойства, признака, отношения у изучаемого объекта на основании установления его сходства с другими объектами, то этот вывод называют умозаключением по аналогии. Ход такого умозаключения можно представить следующим образом. Пусть имеется, например, два объекта А и В. Известно, что объекту А присущи свойства $P_1, P_2, \dots, P_n, P_{n+1}$. Изучение объекта В показало, что ему присущи свойства P_1, P_2, \dots, P_n , совпадающие соответственно со свойствами объекта А. На основании сходства ряда свойств (P_1, P_2, \dots, P_n) у обоих объектов может быть сделано предположение о наличии свойства P_{n+1} у объекта В.

Степень вероятности получения правильного умозаключения по аналогии будет тем выше: 1) чем больше известно общих свойств у сравниваемых объектов; 2) чем существеннее обнаруженные у них общие свойства и 3) чем глубже познана взаимная закономерная связь этих сходных свойств. При этом нужно иметь в виду, что если объект, в отношении которого делается умозаключение по аналогии с другим объектом, обладает каким-нибудь свойством, не совместимым с тем свойством, о существовании

которого должен быть сделан вывод, то общее сходство этих объектов утрачивает всякое значение.

Указанные соображения об умозаключении по аналогии можно дополнить также и следующими правилами:

1) общие свойства должны быть любыми свойствами сравниваемых объектов, т. е. подбираться «без предубеждения» против свойств какого-либо типа; 2) свойство P_{n+1} должно быть того же типа, что и общие свойства P_1, P_2, \dots, P_n ; 3) общие свойства P_1, P_2, \dots, P_n должны быть возможно более специфичными для сравниваемых объектов, т. е. принадлежать возможно меньшему кругу объектов; 4) свойство P_{n+1} , наоборот, должно быть наименее специфичным, т. е. принадлежать возможно большему кругу объектов.

Существуют различные типы выводов по аналогии. Но общим для них является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергается один объект, а вывод делается о другом объекте. Поэтому вывод по аналогии в самом общем смысле можно определить как перенос информации с одного объекта на другой. При этом первый объект, который собственно и подвергается исследованию, именуется *моделью*, а другой объект, на который переносится информация, полученная в результате исследования первого объекта (модели), называется *оригиналом* (иногда — прототипом, образцом и т. д.). Таким образом, модель всегда выступает как аналогия, т. е. модель и отображаемый с ее помощью объект (оригинал) находятся в определенном сходстве (подобии).

«Под *моделированием* понимается изучение моделируемого объекта (оригинала), базирующееся на взаимозначном соответствии определенной части свойств оригинала и замещающего его при исследовании объекта (модели) и включающее в себя построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемый объект — оригинал»⁸.

В зависимости от характера используемых в научном исследовании моделей различают несколько видов моделирования.

1. *Мысленное (идеальное) моделирование*. К этому виду моделирования относятся самые различные мысленные представления в форме тех или иных воображаемых моделей. Например, в идеальной модели электромагнитного поля, созданной Дж. Максвеллом, силовые линии представ-

лялись в виде трубок различного сечения, по которым течет воображаемая жидкость, не обладающая инерцией и сжимаемостью. Модель атома, предложенная Э. Резерфордом, напоминала Солнечную систему: вокруг ядра («Солнца») обращались электроны («планеты»). Следует заметить, что мысленные (идеальные) модели нередко могут быть реализованы материально в виде чувственно воспринимаемых физических моделей.

2. *Физическое моделирование.* Оно характеризуется физическим подобием между моделью и оригиналом и имеет целью воспроизведение в модели процессов, свойственных оригиналу. По результатам исследования тех или иных физических свойств модели судят о явлениях, происходящих (или могущих произойти) в так называемых «натуральных условиях». Пренебрежение результатами таких модельных исследований может иметь тяжелые последствия. Поучительным примером этого является вошедшая в историю гибель английского корабля-броненосца «Кэптэн», построенного в 1870 году. Исследования известного ученого-кораблестроителя В. Рида, проведенные на модели корабля, выявили серьезные дефекты в его конструкции. Но заявление ученого, обоснованное опытом с «игрушечной моделью», не было принято во внимание английским Адмиралтейством. В результате при выходе в море «Кэптэн» перевернулся, что повлекло за собой гибель более 500 моряков.

В настоящее время физическое моделирование широко используется для разработки и экспериментального изучения различных сооружений (плотин электростанций, оросительных систем и т. п.), машин (аэродинамические качества самолетов, например, исследуются на их моделях, обдуваемых воздушным потоком в аэродинамической трубе), для лучшего понимания каких-то природных явлений, для изучения эффективных и безопасных способов ведения горных работ и т. д.

3. *Символическое (знаковое) моделирование.* Оно связано с условно-знаковым представлением каких-то свойств, отношений объекта-оригинала. К символическим (знаковым) моделям относятся разнообразные топологические и графовые представления (в виде графиков, номограмм, схем и т. п.) исследуемых объектов или, например, модели, представленные в виде химической символики и отражающие

состояние или соотношение элементов во время химических реакций.

Особой и очень важной разновидностью символического (знакового) моделирования является *математическое моделирование*. Символический язык математики позволяет выражать свойства, стороны, отношения объектов и явлений самой различной природы. Взаимосвязи между различными величинами, описывающими функционирование такого объекта или явления, могут быть представлены соответствующими уравнениями (дифференциальными, интегральными, интегро-дифференциальными, алгебраическими) и их системами. Получившаяся система уравнений вместе с известными данными, необходимыми для ее решения (начальные условия, граничные условия, значения коэффициентов уравнений и т. п.). называется математической моделью явления.

Математическое моделирование может применяться в особом сочетании с физическим моделированием. Такое сочетание, именуемое *вещественно-математическим* (или *предметно-математическим*) *моделированием*, позволяет исследовать какие-то процессы в объекте-оригинале, заменяя их изучением процессов совсем иной природы (протекающих в модели; которые, однако, описываются теми же математическими соотношениями, что и исходные процессы. Так, механические колебания могут моделироваться электрическими колебаниями на основе полной идентичности описывающих их дифференциальных уравнений.

В настоящее время вещественно-математическое моделирование нередко реализуется с помощью электронных аналоговых устройств, которые позволяют создавать математическую аналогию между процессами, протекающими в объекте-оригинале и в специально организованной электронной схеме. Последняя и обеспечивает получение новой информации о процессах в исследуемом объекте.

4. *Численное моделирование на компьютере*. Эта разновидность моделирования основывается на ранее созданной математической модели изучаемого объекта или явления и применяется в случаях больших объемов вычислений, необходимых для исследования данной модели. При этом для решения содержащихся в ней систем уравнений с помощью компьютера необходимо предварительное составление программы, которая выполняется затем элект-

ронной вычислительной машиной в виде последовательности элементарных математических и логических операций. В данном случае компьютер вместе с введенной в нее программой представляет собой материальную систему, реализующую численное моделирование исследуемого объекта или явления.

Численное моделирование особенно важно там, где не совсем ясна физическая картина изучаемого явления, не познан внутренний механизм взаимодействия. Путем расчетов на компьютере различных вариантов ведется накопление фактов, что дает возможность в конечном счете произвести отбор наиболее реальных и вероятных ситуаций. Активное использование методов численного моделирования позволяет резко сократить сроки научных и конструкторских разработок.

Метод моделирования непрерывно развивается: на смену одним типам моделей по мере прогресса науки приходят другие. В то же время неизменным остается одно: важность, актуальность, а иногда и незаменимость моделирования как метода научного познания.

Вопросы для самоконтроля

1. Как принято подразделять методы научного познания? В чем отличие всеобщих методов от общенаучных?
2. Какие условия необходимы для проведения научных экспериментов?
3. Что такое «естественная система единиц» в физике?
4. С чего всегда начинается процесс познания? Охарактеризуйте общую направленность научно-теоретического познания.
5. **Что** такое «идеализация» в естествознании? Раскройте роль мысленного эксперимента в научно-теоретических исследованиях.
6. Что понимается под формализацией в научном познании?
7. Чем язык современной науки отличается от обычного человеческого языка?
8. Назовите основные методы индукции.
9. В чем познавательная ценность метода аналогии?
10. Что такое моделирование в научном познании? Назовите известные вам виды моделирования.

Примечания

¹ Павлов И.П. Полн. собр. соч. Т. II. Кн. 2. М.; Л., 1951. С. 274.

² Капица ПЛ. Эксперимент, теория, практика. М., 1987. С.182.

³ Цит. по: Орнатский ПЛ. Теоретические основы информационно-измерительной техники. Киев, 1976. С. 7.

⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20. С. 543-544.

⁵ Там же. С. 544.

⁶ Там же. С. 542-543.

⁷ Там же. С. 41.

⁸ Веников В А., Веников ГЛ. Теория подобия и моделирование. М., 1984. С. 8.

Раздел II

ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Естествознание эпохи античности

1.1. Натурфилософия и ее место в истории естествознания. Возникновение античной науки.

Первой в истории человечества формой существования естествознания была так называемая *натурфилософия* (от лат.-*natura* — природа), или философия природы. Последняя характеризовалась чисто умозрительным истолкованием природного мира, рассматриваемого в его целостности. Считалось, что философии — в ее натурфилософской форме — отведена роль «науки наук», «царицы наук», ибо она является вместилищем всех человеческих знаний об окружающем мире, а естественные науки являются лишь ее составными частями.

Натурфилософское понимание природы содержало много вымышленного, фантастического, далекого от действительного понимания мира. Появление натурфилософии в интеллектуальной истории человечества и очень длительное ее существование объясняется рядом неизбежных обстоятельств.

1. Когда естественнонаучного знания (в его нынешнем понимании) еще практически не существовало, попытки целостного охвата, объяснения окружающей действительности были единственным и оправданным способом человеческого познания мира.

2. Вплоть до XIX столетия естествознание было слабо дифференцировано, отсутствовали многие его отрасли. Еще в XVIII веке в качестве сформировавшихся, самостоятель-

ных наук существовали лишь механика, математика, астрономия и физика. Химия, биология, геология находились лишь в процессе становления. В такой ситуации натурфилософия, строя общую картину природы, стремилась заменить собой отсутствующие естественные науки.

3. Отрывочному знанию об объектах, явлениях природы, которое давало тогдашнее естествознание, натурфилософия противопоставляла свои умозрительные представления о мире. В этих представлениях не известные еще науке причины и действительные (но пока непознанные) связи явлений заменялись вымышленными, фантастическими причинами и связями. Для истолкования непонятных явлений натурфилософы обычно придумывали какую-нибудь силу (например, жизненную силу) или какое-нибудь мифическое вещество (флогистон, электрическая жидкость, эфир и т. п.). Разумеется, действительные пробелы в естественнонаучном знании восполнялись при этом лишь в воображении. Это было вынужденное положение, которое, однако, не могло продолжаться бесконечно.

Когда в XIX веке естествознание достигло достаточно высокого уровня развития и был накоплен и систематизирован большой фактический материал, т. е. когда были познаны действительные причины явлений, раскрыты их реальные связи между собой, существование натурфилософии потеряло всякое историческое оправдание. А в связи с этим понимание философии как «науки наук» также прекратило свое существование. Вместе с уходом с исторической арены старой натурфилософии сама философия, также как и различные отрасли естествознания, наконец-то обрела свой предмет. Однако тесная двусторонняя связь между философией и естествознанием сохраняется по сей день.

Впервые наука в истории человечества возникает в Древней Греции в VI в. до н. э. Под наукой понимается не просто совокупность каких-то отрывочных, разрозненных сведений, а определенная система знаний, являющаяся результатом деятельности особой группы людей (научного сообщества) по получению новых знаний. В отличие от ряда древних цивилизаций (Египта, Вавилона, Ассирии) именно в культуре Древней Греции обнаруживаются указанные характеристики науки. При этом древнегреческие мыслители были, как правило, одновременно и философа-

ми, и учеными. Господство натурфилософии обусловило такие особенности древнегреческой науки, как абстрактность и отвлеченность от конкретных фактов. Каждый ученый стремился представить все мироздание в целом, нимало не беспокоясь об отсутствии достаточного фактического материала о явлениях природы. Вместе с тем, достижения античных мыслителей в математике и механике навечно вошли в историю науки.

1.2. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности. Атомистика. Геоцентрическая космология.

Развитие математики и механики

В ранней древнегреческой натурфилософии господствовала идея о некоторых исходных первоначалах, лежащих в основе мироздания. К таким первоначалам, из которых якобы создается весь окружающий мир, относили либо так называемые четыре «стихии» (воду, воздух, огонь, землю), либо какое-то мифическое первовещество. Подобное первовещество, придуманное древнегреческим натурфилософом *Анаксимандром* и названное им «апейрон» (в переводе «беспредельное», «неопределенное»), первоначально представляло собой неопределенную туманную массу, находившуюся в постоянном круговом вращении, из которой, в конце концов, якобы произошло все многообразие мира.

Но уже в этот период на смену подобным представлениям о мире приходит стройное по тому времени атомистическое учение о природе. Выдающимся представителем новой натурфилософской идеологии атомизма был *Демокрит* (ок. 460-370 гг. до н.э.). Основные принципы его атомистического учения можно свести к следующим положениям.

1. Вся Вселенная состоит из мельчайших материальных частиц — атомов и незаполненного пространства — пустоты. Наличие последней является обязательным условием для осуществления перемещения атомов в пространстве.

2. Атомы неуничтожимы, вечны, а потому и вся Вселенная, из них состоящая, существует вечно.

3. Атомы представляют собой мельчайшие, неизменные, непроницаемые и абсолютно неделимые частицы — последние, образно говоря, «кирпичики мироздания».

4. Атомы находятся в постоянном движении, изменяют свое положение в пространстве.

5. Различаются атомы по форме и величине. Но все они настолько малы, что недоступны для восприятия органами чувств человека. Форма их может быть весьма разнообразной. Самые малые атомы имеют, например, сферическую форму. Это, по выражению Демокрита «атомы души и человеческой мысли».

6. Все предметы материального мира образуются из атомов различных форм и различного порядка их сочетаний (подобно тому как слова образуются из букв).

Представляет интерес учение Демокрита о строении Вселенной. Из атомов, считал он, образуются не только окружающие нас предметы, но и целые миры, которых во Вселенной бесчисленное множество. При этом одни миры еще только формируются, другие — находятся в расцвете, а третьи уже разрушаются. Новые тела и миры возникают от сложения атомов. Уничтожаются они от разложения на атомы.

Идеи атомистики получили свое развитие в учении *Эпикура* (341–270 гг. до н.э.). Эпикур разделял точку зрения Демокрита, согласно которой мир состоит из атомов и пустоты, а все существующее во Вселенной возникает в результате соединения атомов в различных комбинациях. Вместе с тем Эпикур внес в описание атомов, сделанное Демокритом, некоторые поправки: атомы не могут превышать известной величины, число их форм ограничено, атомы обладают тяжестью и т. д. Но самое главное в атомистическом учении Эпикура — это попытка найти какие-то внутренние источники жизни атомов. Он высказал мысль, что изменение направления их движения может быть обусловлено причинами, содержащимися *внутри самих атомов*. Это был шаг вперед по сравнению с Демокритом, в учении которого атом непроницаем, не имеет внутри себя никакого движения, никакой жизни.

Одним из величайших ученых и философов античности, чья деятельность совпала с афинским периодом развития древнегреческой натурфилософии, был *Аристотель* (384–322 гг. до н.э.).

В круг естественнонаучных интересов Аристотеля входили математика, **физика**, астрономия, биология. Среди естественных наук **ему** удалось достичь наибольших успехов

в изучении живой природы. Он определил жизнь как способность к самообеспечению, а также к независимому росту и распаду. В своих исследованиях он упоминает несколько сот различных животных. Причем описывает многих из них с такой точностью и столь детально, что не оставляет сомнения в том, что это — его собственные наблюдения. Многие факты, изложенные Аристотелем, были «переоткрыты» в последующие века. Ему было известно, например, что киты — живородящие животные, он различал хрящевых рыб и позвоночных, описывал развитие куриного яйца вплоть до появления цыпленка и т. д.

Вместе с тем у Аристотеля было немало наивных и даже ложных представлений о явлениях природы. Следуя своему учителю — Платону, он, например, приписывал движению некоторое «врожденное» свойство, заставляющее все на Земле стремиться к своему «естественному месту». Поэтому, считал он, дым поднимается вертикально вверх, а камень падает вертикально вниз.

В истории науки Аристотель известен также как автор космологического учения, которое оказало огромное влияние на миропонимание многих последующих столетий. Космология¹ Аристотеля — геоцентристское воззрение: Земля, имеющая форму шара, неподвижно пребывает в центре Вселенной. Шаровидность Земли Аристотель выводит из наблюдений, сделанных им во время лунных затмений. Эти наблюдения показали круглую форму земной тени, надвигающейся на диск Луны. Только шаровидное тело, каким и является Земля, — объяснял Аристотель, — может отбрасывать в сторону, противоположную Солнцу, тень, которая представляется темным кругом на лунном диске. К этому же выводу — о шаровидности Земли — ведет, по мнению Аристотеля, и свойственное Земле тяготение к центру Вселенной. Как результат этого тяготения должна была получиться шарообразная форма.

Аристотель разделял мир на две области, качественно отличающиеся друг от друга: область Земли и область Неба. Область Земли имеет в своей основе четыре элемента: землю, воду, воздух и огонь (это те же четыре «стихии», о которых говорили представители натурфилософии до-аристотельского периода). Область Неба имеет в своей основе пятый элемент — эфир, из которого состоят небесные

тела. Самые совершенные из них — неподвижные звезды. Они состоят из чистого эфира и настолько удалены от Земли, что недоступны никакому воздействию четырех земных элементов. Иное дело — Луна и планеты. Они также состоят из эфира, но в отличие от неподвижных звезд подвержены некоторому влиянию, по крайней мере, одного из элементов, образующих Землю. По мнению Аристотеля, за оболочкой воздуха вокруг Земли находится наиболее легкий из земных элементов — огонь, который помещается в пространстве между Землей и Луной и соприкасается с границей эфира.

В отличие от космологических воззрений Демокрита, космология Аристотеля включала представление о пространственной конечности мироздания. В этой конечной протяженности космоса расположены твердые кристалльно-прозрачные сферы, на которых неподвижно закреплены звезды и планеты. Их видимое движение объясняется вращением указанных сфер. С крайней («внешней») сферой соприкасается «Перводвигатель Вселенной», являющийся источником всякого движения. Он нематериален, ибо это есть Бог (Аристотель рассматривает Бога как разум мирового масштаба, дающий энергию «перводвигатель»).

Древнегреческая натурфилософия прославилась вкладом ее представителей в формирование и развитие математики. Здесь, прежде всего, следует отметить знаменитого древнегреческого мыслителя *Пифагора* (580-500 гг. до н.э.). Помимо всем известной «теоремы Пифагора» на счету этого античного ученого имеется и ряд других научных достижений. К их числу относится, например, открытие того факта, что отношение диагонали и стороны квадрата не может быть выражено целым числом и дробью. Тем самым в математику было введено понятие иррациональности. Имеются упоминания о том, что Пифагор придерживался мнения о шарообразности Земли, ее вращения вокруг собственной оси. Вместе с тем в своих космологических воззрениях Пифагор был геоцентристом, т.е. считал Землю центром Вселенной.

Важной отличительной чертой микропонимания Пифагора было учение о числе как основе Вселенной. «Самое мудрое в мире — число», — учил он. Считая, что мир состоит из пяти элементов (земли, огня, воздуха, воды и эфи-

ра), Пифагор увязал их с пятью видами правильных многогранников с тем или иным числом граней. Так, Земля, по его мнению, состоит из частиц кубической формы, огонь — из частиц, имеющих форму четырехгранной пирамиды (тетраэдров), воздух — из восьмигранников (октаэдров), вода — из двадцатигранников (икосаэдров), а эфир — из двенадцатигранников (додекаэдров).

До нашего времени дошел рассказ позднеримского философа *Бозция* (480-524 гг. н. э.) о том, каким образом Пифагор пришел к своей основной идее, что число — основа всего существующего. Как-то, проходя мимо кузницы, Пифагор заметил, что совпадающие удары не одинаковых по весу молотов производят различные гармоничные созвучия. Вес молотов можно измерить. И, таким образом, качественное явление — созвучие — точно определяется через количество. Отсюда Пифагор сделал вывод, что «число владеет вещами».

Положив в основу космоса число, Пифагор придал этому старому слову обыденного языка новое значение. Это слово стало обозначать упорядоченное числом мироздание².

Весьма плодотворным для древнегреческой науки оказался последний ее период - примерно с 330 по 30 гг. до н.э., — завершившийся с возвышением Древнего Рима. Одним из крупнейших ученых-математиков этого периода был *Евклид*, живший в III в. до н.э. в Александрии. В своем объемистом труде «Начала» он привел в систему все математические достижения того времени. Состоящие из пятнадцати книг «Начала» содержали не только результаты трудов самого Евклида, но и включали достижения других древнегреческих ученых. В «Началах» были заложены основы античной математики. Созданный Евклидом метод аксиом позволил ему построить здание геометрии, носящей по сей день его имя.

Указанный период в древнегреческой науке характеризовался также и немалыми достижениями в области механики. Первоклассным ученым - математиком и механиком - этого периода был *Архимед* (287-212 гг. до н.э.). Он решил ряд задач по вычислению площадей поверхностей и объемов, определил значение числа π (представляющего собой отношение длины окружности к своему диаметру). Архимед ввел понятие центра тяжести и разработал

методы его определения для различных тел, дал математический вывод законов рычага. Ему приписывают «крылатое» выражение: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю». Архимед положил начало гидростатике, которая нашла широкое применение при проверке изделий из драгоценных металлов и определении грузоподъемности кораблей.

Широчайшую известность получил закон Архимеда, касающийся плавучести тел. Согласно этому закону, на всякое тело, погруженное в жидкость, действует поддерживающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости, направленная вверх и приложенная к центру тяжести вытесненного объема. Если вес тела меньше поддерживающей силы, тело всплывает на поверхность, причем степень погруженности плавающего на поверхности тела определяется соотношением удельных весов этого тела и жидкости. Если вес тела больше поддерживающей силы, то оно тонет. В случае же, когда вес тела равен поддерживающей силе, это тело плавает внутри жидкости (как рыба или подводная лодка).

Научные труды Архимеда находили приложение в общественной практике. Многие технические достижения того времени связаны с его именем. Ему принадлежат многочисленные изобретения: так называемый «архимедов винт» (устройство для подъема воды на более высокий уровень), различные системы рычагов, блоков, полиспастов и винтов для поднятия больших тяжестей, военные металлические машины. Во время второй Пунической войны Архимед возглавлял оборону своего родного города Сиракузы, осажденного римлянами. Под его руководством были изготовлены весьма совершенные по тому времени машины, метавшие снаряды и не позволявшие римлянам овладеть городом. Когда же осенью 212 г. до н. э. Сиракузы были все же взяты римлянами, Архимед погиб. Существует легенда, что перед смертью он сказал собиравшемуся его убить римскому солдату: «Только не трогай моих чертежей».

К сожалению, научное наследие Архимеда долго не получало той оценки, которой оно заслуживало. Лишь спустя более полутора тысяч лет, в эпоху Возрождения, труды Архимеда были оценены по достоинству и получили дальнейшее развитие.

2. Естествознание эпохи средневековья

Эпоха средних веков характеризовалась в Европе закатом классической греко-римской культуры и резким усилением влияния церкви на всю духовную жизнь общества.

В эту эпоху философия тесно сближается с теологией (богословием), фактически становится ее «служанкой». Возникает непреодолимое противоречие между наукой, делающей свои выводы из результатов наблюдения опытов, включая и обобщение этих результатов, и схоластическим³ богословием, для которого истина заключается в религиозных догмах.

Пока европейская христианская наука переживала длительный период упадка (вплоть до XII-XIII вв.), на Востоке, наоборот, наблюдался прогресс науки. Со второй половины VIII в. научное лидерство явно переместилось из Европы на Ближний Восток. В IX веке, наряду с главным трудом Птолемея («Альмагест»)⁴, на арабский язык были переведены «Начала» Евклида и сочинения Аристотеля. Таким образом, древнегреческая научная мысль получила известность в мусульманском мире, способствуя развитию астрономии и математики. В истории науки этого периода известны такие имена арабских ученых, как Мухаммед аль-Баттани (850—929 гг.), астроном, составивший новые астрономические таблицы, Ибн-Юнас (950-1009 гг.), достигший заметных успехов в тригонометрии и сделавший немало ценных наблюдений лунных и солнечных затмений, Ибн аль-Хайсам (965-1020 гг.), получивший известность своими работами в области оптики, Ибн-Рушд (1126-1198 гг.), виднейший философ и естествоиспытатель своего времени, считавший Аристотеля своим учителем.

Средневековой арабской науке принадлежат и наибольшие успехи в химии. Опираясь на материалы alexandрийских алхимиков I века и некоторых персидских школ, арабские химики достигли значительного прогресса в своей области. В их работах алхимия постепенно превращалась в химию. А уже отсюда (благодаря, главным образом, испанским маврам) в позднее средневековье возникла европейская химия.

В XI веке страны Европы пришли в соприкосновение с богатствами арабской цивилизации, а переводы арабских

текстов стимулировали восприятие знаний Востока европейскими народами.

Большую роль в подъеме западной христианской науки сыграли университеты (Парижский, Болонский, Оксфордский, Кембриджский и др.)» которые стали образовываться начиная с XII века. И хотя эти университеты первоначально предназначались для подготовки духовенства, но в них уже тогда начинали изучаться предметы математического и естественнонаучного направления, а само обучение носило, более чем когда-либо раньше, систематический характер.

XIII век характерен для европейской науки началом эксперимента и дальнейшей разработкой статики Архимеда. Здесь наиболее существенный прогресс был достигнут группой ученых Парижского университета во главе с *Иорданом Неморарием* (вторая половина XIII в.). Они развили античное учение о равновесии простых механических устройств, решив задачу, с которой античная механика справиться не могла, — задачу о равновесии тела на наклонной плоскости.

В XIV веке в полемике с античными учеными рождаются новые идеи, начинают использоваться математические методы, т. е. идет прогресс подготовки будущего точного естествознания. Лидерство переходит к группе ученых Оксфордского университета, среди которых наиболее значительная фигура — *Томас Брадвардин* (1290-1349 гг.). Ему принадлежит трактат «О пропорциях» (1328 г.), который в истории науки оценивается как первая попытка написать «Математические начала натуральной философии» (именно так почти триста шестьдесят лет спустя назовет свой знаменитый труд Исаак Ньютон).

Научные знания эпохи средневековья ограничивались в основном познанием отдельных явлений и легко укладывались в умозрительные натурфилософские схемы мироздания, выдвинутые еще в период античности (главным образом в учении Аристотеля). В таких условиях наука еще не могла подняться до раскрытия объективных законов природы. Естествознание — в его нынешнем понимании — еще не сформировалось. Оно находилось в стадии своеобразной «преднауки».

Естествознание эпохи Возрождения и Нового времени

3.1. Научные революции в истории естествознания

Развитие естествознания не является лишь монотонным процессом количественного накопления знаний об окружающем природном мире (как это могло показаться из предшествующего изложения). И если процесс простого приращения знаний (а иногда и вымыслов) был присущ для натурфилософии античности, для «преднауки» средневековья, то с XVI века характер научного прогресса существенно меняется. В развитии науки появляются переломные этапы, кризисы, выход на качественно новый уровень знаний, радикально меняющий прежнее видение мира.

Эти переломные этапы в генезисе научного знания получили наименование *научных революций*. Причем революция в науке — это, как правило, не кратковременное событие, ибо коренные изменения в научных знаниях требуют определенного времени. Поэтому в любой научной революции можно хронологически выделить некоторый более или менее длительный исторический период, в течение которого она происходит. Периоды революций в науке, отмечал всемирно известный физик Луи де Бройль, «всегда характеризуют решающие этапы в прогрессивном развитии наших знаний»⁵.

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. При этом научная революция может происходить первоначально в одной из фундаментальных наук (или даже формировать эту науку), превращая ее затем на определенный исторический период в лидера науки. Последнее означает, что происходит своеобразная экспансия ее новых представлений, принципов, методов, возникших в ходе революции, на другие области знания и на миропонимание в целом.

Длительный процесс становления современного естествознания начался с первых двух научных революций,

происходивших в XVI-XVII вв. и создавших принципиально новое (по сравнению с античностью и средневековьем) понимание мира.

3.2. Первая научная революция. Гелиоцентрическая система мира. Учение о множественности миров

Первая научная революция произошла в эпоху, оставившую глубокий след в культурной истории человечества. Это был период конца XV-XVI веков, ознаменовавший переход от средневековья к Новому времени и получивший название эпохи Возрождения. Последняя характеризовалась возрождением культурных ценностей античности (отсюда и название эпохи), расцветом искусства, утверждением идей гуманизма. Вместе с тем эпоха Возрождения отличалась существенным прогрессом науки и радикальным изменением миропонимания, которое явилось следствием появления гелиоцентрического учения великого польского астронома *Николая Коперника* (1473-1543).

В своем труде «Об обращениях небесных сфер» Коперник утверждал, что Земля не является центром мироздания и что «Солнце, как бы восседая на Царском престоле, управляет вращающимся около него семейством светил»⁶. Это был конец старой аристотелевской геоцентрической системы мира. На основе большого числа астрономических наблюдений и расчетов Коперник создал новую, *гелиоцентрическую* систему мира, что явилось первой в истории человечества научной революцией.

Возникло принципиально новое миропонимание, которое исходило из того, что Земля — одна из планет, движущихся вокруг Солнца по круговым орбитам. Совершая обращение вокруг Солнца, Земля одновременно вращается и вокруг собственной оси, чем и объясняется смена дня и ночи, видимое нами движение звездного неба. Но гелиоцентрическая система мира, предложенная 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. Тем самым было

разрушено догматизированное представление Аристотеля о неподвижном «перводвигателе», якобы приводящем в движение Вселенную.

Коперник показал ограниченность чувственного познания, неспособного отличать то, что нам представляется, от того, что в действительности имеет место (визуально нам кажется, что Солнце «ходит» вокруг Земли). Таким образом, он продемонстрировал слабость принципа объяснения окружающего мира на основе непосредственной видимости и доказал необходимость для науки критического разума.

Учение Коперника подрывало опиравшуюся на идеи Аристотеля религиозную картину мира. Последняя исходила из признания центрального положения Земли, что давало основание объявлять находящегося на ней человека центром и высшей целью мироздания. Кроме того, религиозное учение о природе противопоставляло земную материю, объявляемую тленной, преходящей — небесной, которая считалась вечной и неизменной. Однако в свете идей Коперника трудно было представить, почему, будучи «рядовой» планетой, Земля должна принципиально отличаться от других планет.

Католическая церковь не могла согласиться с этими выводами, затрагивающими основы ее мировоззрения. Защитники учения Коперника были объявлены еретиками и подвергнуты гонениям. Сам Коперник избежал преследования со стороны католической церкви ввиду своей смерти, случившейся в том же году, в котором был опубликован его главный труд «Об обращениях небесных сфер». В 1616 году этот труд был занесен в папский «Индекс» запрещенных книг, откуда был вычеркнут лишь в 1835 году.

Существенным недостатком взглядов Коперника было то, что он разделял господствовавшее до него убеждение в конечности мироздания. И хотя он утверждал, что видимое небо неизмеримо велико по сравнению с Землей, он все же полагал, что Вселенная где-то заканчивается твердой сферой, на которой закреплены неподвижные звезды. Нелепость такого взгляда на Вселенную, противоречащего картине мира, основы которой были заложены самим Коперником, обнаружилась в расчетах, проведенных датским астрономом *Тихо Браге* (1546-1601). В 1577 году он сумел рассчитать орбиту кометы, проходившую вблизи пла-

неты Венера. Согласно его расчетам получалось, что эта комета должна была натолкнуться на твердую поверхность сферы, ограничивающей Вселенную, если бы таковая существовала.

Одним из активных сторонников учения Коперника, поплатившихся жизнью за свои убеждения, был знаменитый итальянский мыслитель *Джордано Бруно* (1548-1600). Но он пошел дальше Коперника, отрицая наличие центра Вселенной вообще и отстаивая тезис о бесконечности Вселенной. Бруно говорил о существовании во Вселенной множества тел, подобных Солнцу, и окружающих его планетах. Причем многие из бесчисленного количества миров, считал он, обитаемы и, по сравнению с Землей, «если не больше и не лучше, то во всяком случае не меньше и не хуже»⁷.

Инквизиция имела серьезные причины бояться распространения образа мыслей и учения Бруно. В 1592 году он был арестован и в течение восьми лет находился в тюрьме, подвергаясь допросам со стороны инквизиции. 17 февраля 1600 г., как нераскаявшийся еретик, он был сожжен на костре на Площади цветов в Риме. Однако эта бесчеловечная акция не могла остановить прогресса познания человеком мира. На научном небосводе уже возшла звезда Галилея.

3.3. Вторая научная революция. Создание классической механики и экспериментального естествознания. Механическая картина мира

Трагическая гибель Джордано Бруно произошла на рубеже двух эпох: эпохи Возрождения и эпохи Нового времени. Последняя охватывает три столетия — XVII, XVIII, XIX века. В этом трехсотлетнем периоде особую роль сыграл XVII век, ознаменовавшийся рождением современной науки, у истоков которой стояли такие выдающиеся ученые, как Галилей, Кеплер, Ньютон.

В учении *Галилео Галилея* (1564-1642) были заложены основы нового механического естествознания. Как свидетельствуют А. Эйнштейн и Л. Инфельд, «самая фундаментальная проблема, остававшаяся в течение тысячи лет неразрешенной из-за сложности, — это проблема движения»⁸.

До Галилея общепринятым в науке считалось понимание движения, выработанное Аристотелем и сводившееся к следующему принципу: тело движется только при наличии внешнего на него воздействия, и если это воздействие прекращается, тело останавливается. Галилей показал, что этот принцип Аристотеля (хотя и согласуется с вашим повседневным опытом) является ошибочным. Вместо него Галилей сформулировал совершенно иной принцип, получивший впоследствии наименование принципа инерции: тело либо находится в состоянии покоя, либо движется, не изменяя направления и скорости своего движения, если на него не производится какого-либо внешнего воздействия.

Большое значение для становления механики как науки имело исследование Галилеем свободного падения тел. Он установил, что скорость свободного падения тел не зависит от их массы (как думал Аристотель), а пройденный падающим телом путь пропорционален квадрату времени падения. Галилей открыл, что траектория брошенного тела, движущегося под воздействием начального толчка и земного притяжения, является параболой. Галилею принадлежит экспериментальное обнаружение весомости воздуха, открытие законов колебания маятника, немалый вклад в разработку учения о сопротивлении материалов.

Галилей выработал условия дальнейшего прогресса естествознания, начавшегося в эпоху Нового времени. Он понимал, что слепая вера в авторитет Аристотеля сильно тормозит развитие науки. Истинное знание, считал Галилей, достижимо исключительно на пути изучения природы при помощи наблюдения, опыта (эксперимента) и вооруженного математическим знанием разума, — а не путем изучения и сличения текстов в рукописях античных мыслителей.

Росту научного авторитета Галилея способствовали его астрономические исследования, обосновывавшие и утверждавшие гелиоцентрическую систему Коперника. Используя построенные им телескопы (вначале это был скромный оптический прибор с трехкратным увеличением, а впоследствии был создан телескоп и с 32-кратным увеличением), Галилей сделал целый ряд интересных наблюдений и открытий. Он установил, что Солнце вращается вокруг своей оси, а на его поверхности имеются пятна. У самой большой планеты Солнечной системы — Юпитера — Галилей

обнаружил 4 спутника (из 13 известных в настоящее время). Наблюдения за Луной показали, что ее поверхность гористого строения и что этот спутник Земли имеет либрацию, т.е. видимые периодические колебания маятникового характера вокруг центра. Галилей убедился, что кажущийся туманностью Млечный Путь состоит из множества отдельных звезд.

Но самым главным в деятельности Галилея как ученого-астронома было отстаивание справедливости учения Н. Коперника, которое подвергалось нападкам не только со стороны церковных кругов, но и со стороны некоторых ученых, высказывавших сомнения в правильности этого учения. Галилей сумел показать несостоятельность всех этих сомнений и дал блестящее естественнонаучное обоснование правильности идей Н.Коперника.

Как уже отмечалось выше, католической церковью в 1616 году было принято решение о запрещении книги Коперника «Об обращениях небесных сфер», а его учение объявлено еретическим. Галилей в этом решении упомянут не был, но ему все же пришлось предстать перед судом инквизиции. После длительных допросов он был вынужден отречься от учения Коперника и принести публичное покаяние.

Однако остановить движение, прервать преемственность научной мысли было уже невозможно. С астрономическими наблюдениями Галилея, описанными им в сочинении «Звездный вестник», ознакомился и дал им высокую оценку один из крупнейших математиков и астрономов конца XVI — первой трети XVII в. *Иоганн Кеплер* (1571-1630). Эта оценка астрономических исследований Галилея содержалась в работе Кеплера «Рассуждение о Звездном вестнике».

Кеплер занимался поисками законов небесной механики и составлением звездных таблиц. На основе обобщения данных астрономических наблюдений он установил три закона движения планет относительно Солнца. В своем первом законе Кеплер отказывается от коперниковского представления о круговом движении планет вокруг Солнца. В этом законе утверждается, что каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Согласно второму закону Кеплера, радиус-вектор, проведенный от Солнца к планете, в равные промежутки времени описывает равные площади. Из этого закона

следовал вывод, что скорость движения планеты по орбите непостоянна и она тем больше, чем ближе планета к Солнцу. Третий закон Кеплера гласит: квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от него.

Помимо сказанного, Кеплеру принадлежит немало заслуг в астрономии и математике. Он разработал теорию солнечных и лунных затмений, предложил способы их предсказания, уточнил величину расстояния между Землей и Солнцем, составил так называемые Рудольфовы таблицы — по имени австрийского императора Рудольфа II, при дворе которого Кеплер занимал место астронома, сменив на этой должности умершего Тихо Браге. С помощью этих таблиц можно было с высокой степенью точности определять в любой момент времени положение планет. Кеплеру принадлежит также решение ряда важных для практики стереометрических задач.

Поскольку Кеплер был сторонником гелиоцентрической космологии Коперника и не скрывал этого, Ватикан относился к его сочинениям отрицательно, включив некоторые из них в список запрещенных книг.

Конечно, главной заслугой Кеплера было открытие законов движения планет. Но он не объяснил причины их движения. И это неудивительно, ибо не существовало еще понятий силы и взаимодействия. В то время из разделов механики была разработана лишь статика — учение о равновесии (которая разрабатывалась еще в античности, в первую очередь, Архимедом), а в работах Галилея были сделаны первые шаги в разработке динамики. Но в полной мере динамика — учение о силах и их взаимодействии — была создана лишь позднее Исааком Ньютоном.

Вторая научная революция завершалась творчеством одного из величайших ученых в истории человечества, каковым был *Исаак Ньютон* (1643-1727). Его научное наследие чрезвычайно разнообразно. В него входит и создание (параллельно с Лейбницем, но независимо от него) дифференциального и интегрального исчисления, и важные астрономические наблюдения, которые Ньютон проводил с помощью собственноручно построенных зеркальных телескопов (он так же, как и Галилей, именно телескопу обязан первым признанием своих научных заслуг), и большой вклад в развитие оптики (он, в частности, поставил опыты

в области дисперсии света и дал объяснение этому явлению). Но самым главным научным достижением Ньютона было продолжение и завершение дела Галилея по созданию классической механики. Благодаря их трудам XVII век считается началом длительной эпохи торжества механики, господства механистических представлений о мире.

Ньютон сформулировал три основных закона движения, которые легли в основу механики как науки. Первый закон механики Ньютона — это принцип инерции, впервые сформулированный еще Галилеем: всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока оно не будет вынуждено изменить его под действием каких-то сил. Существо второго закона механики Ньютона состоит в констатации того факта, что приобретаемое телом под действием какой-то силы ускорение прямо пропорционально этой действующей силе и обратно пропорционально массе тела. Наконец, третий закон механики Ньютона — это закон равенства действия и противодействия. Этот закон гласит, что действия двух тел друг на друга всегда равны по величине и направлены в противоположные стороны.

Данная система законов движения была дополнена открытым Ньютоном законом всемирного тяготения, согласно которому все тела, независимо от их свойств и от свойств среды, в которой они находятся, испытывают взаимное притяжение, прямо пропорциональное их массам и обратно пропорциональное квадрату расстояния между ними.

Пожалуй, ни одно из всех ранее сделанных научных открытий не оказало такого громадного влияния на дальнейшее развитие естествознания, как открытие закона всемирного тяготения. Огромное впечатление на ученых производил масштаб обобщения, впервые достигнутый естествознанием. Это был поистине универсальный закон природы, которому подчинялось все — малое и большое, земное и небесное. Этот закон явился основой создания небесной механики — науки, изучающей движение тел Солнечной системы.

Воображение ученых захватывала простота той картины мира, которая складывалась на основе ньютоновской классической механики. В этой картине, носящей абстрактный характер, отбрасывалось все «лишнее»: не имели значения размеры небесных тел, их внутреннее строение, иду-

щие в них бурные процессы. Оставались только массы и расстояния между центрами этих масс, к тому же связаные несложной формулой.

В 1687 году вышел в свет главный труд Ньютона «Математические начала натуральной философии», заложивший основы современной теоретической физики. Оценивая это событие, видный физик XX века, бывший президент Академии наук СССР С.И. Вавилов писал: «В истории естествознания не было события более крупного, чем появление «Начал» Ньютона. Причина была в том, что эта книга подводила итоги всему сделанному за предшествующие тысячелетия в учении о простейших формах движения материи»⁹.

Не менее высокую оценку дает «Началам» Ньютона такой крупный специалист по истории науки, как Джон Бернал. «По убедительности аргументации, подкрепленной физическими доказательствами, — пишет он, — книга не имеет себе равных во всей истории науки. В математическом отношении ее можно сравнить только с «Элементами» Евклида, а по глубине физического анализа и влиянию на идеи того времени — только с «Происхождением видов» Дарвина. Она сразу же стала библией новой науки»...¹⁰

В своей знаменитой работе Ньютон предложил ученому миру научно-исследовательскую программу, которая вскоре стала ведущей не только в Англии, на родине великого ученого, но и в континентальной Европе. Свою научную программу Ньютон назвал «экспериментальной философией», подчеркивая решающее значение опыта, эксперимента в изучении природы.

Идеи Ньютона, опиравшиеся на математическую физику и эксперимент, определили направление развития естествознания на многие десятилетия вперед. Вместе с тем, эти идеи предопределили механические взгляды на материальный мир, которые господствовали в естествознании не только в течение XVII и XVIII веков, но и почти весь XIX век. В целом природа понималась как гигантская механическая система, функционирующая по законам классической механики. Считалось, что в силу неумолимой необходимости, действующей в природе, судьба даже отдельной материальной частицы заранее предreshена на все времена. Ученые-естествоиспытатели видели в классической механике прочную и окончательную основу естествознания.

3.4. Химия в механистическом мире

Естествознание XVII века характеризовалось не только революционными достижениями в космологии и механике. В этот период была начата, образно говоря, закладка будущего здания химической науки. Последнее было связано с именем известного английского ученого, физика и химика *Роберта Бойля* (1627-1691). Как физик, он получил известность благодаря открытию «газового закона», устанавливающего зависимость объема газа от давления. Согласно этому закону, произведение удельного объема газа на его давление при неизменной температуре есть величина постоянная. Поскольку этот же закон установил, независимо от Бойля, и французский медик *Эдм Мариотт* (1620-1684), то в историю науки он вошел под названием закона Бойля-Мариотта.

Но этим законом не ограничивается вклад Р. Бойля в науку. Он серьезно занимался химией, выполнял многочисленные химические опыты. Одним из первых он получил и описал водород, хотя истинная природа этого газа осталась ему неизвестной. Бойль сумел получить фосфор и некоторые его соединения. Он разработал основы качественного химического анализа «мокрым путем», т. е. в растворах, и ввел применение цветочных отваров в качестве индикаторов на присутствие кислот и щелочей. Им были четко сформулированы отличительные признаки кислот (энергично растворять различные вещества, изменять окраску сока некоторых растений и т. д.) и установлено, что эти особенности кислот исчезают, если привести их в соприкосновение со щелочами.

В своей книге «Химик-скептик», опубликованной в 1661 году, Бойль отверг как нереальное утверждение представителей античной натурфилософии о четырех «стихиях» (огне, воздухе, воде и земле) и изложил применительно к химии основы корпускулярной теории. Бойль дал определение корпускулы¹¹ как простейшего элемента вещества. Корпускула, по мнению Бойля, — это простое тело, которое уже не может быть разделено на другие более простые тела, т. е., другими словами, это предел качественного деления вещества. Бойль был убежден, что химия как наука должна широко использовать корпускулярные представления. Выступая за союз химиков и философов-корпускуляристов,

он писал: «Сколько химических экспериментов можно объяснить корпускулярными понятиями, столько же корпускулярных понятий можно легко иллюстрировать или подтвердить посредством химических экспериментов»¹².

Несомненной заслугой Бойля является первое научное толкование понятия химического элемента. Он предложил химико-аналитическое определение элемента и фактически поставил перед химией новую задачу: научиться выделять в чистом виде отдельные вещества и устанавливать их состав, т. е. определять, из каких конкретных частей состоит данное тело и каким комплексом физико-химических свойств оно обладает.

Бойль положил начало преобразованию химии в самостоятельную науку. Сам же он подчеркивал, что занимается химией «не столько ради нее самой, но в целях натуральной философии и для нее», что его целью было достичь «взаимопонимания между химиками и механистическими философами, которые доселе слишком мало были знакомы с учениями друг друга»¹³.

3.5. Естествознание Нового времени и проблема философского метода

В истории изучения человеком природы сложились два прямо противоположных, несовместимых метода этого изучения, которые приобрели статус общеполитических, т. е. носящих всеобщий характер. Это — диалектический и метафизический методы.

При метафизическом подходе объекты и явления окружающего мира рассматриваются изолированно друг от друга, без учета их взаимных связей и как бы в застывшем, фиксированном, неизменном состоянии. Диалектический подход, наоборот, предполагает изучение объектов, явлений со всем богатством их взаимосвязей, с учетом реальных процессов их изменения, развития.

Истоки этих противоположных подходов к осмыслению мира лежат в глубокой древности. Одним из ярких выразителей диалектического подхода (несмотря на всю его наивность) был древнегреческий мыслитель Гераклит. Он обращал внимание на взаимосвязи и изменчивость в природе, выдвигал идею о ее непрерывном движении и обновлении. Дошедшие до нас афоризмы Гераклита свидетель-

ствуют о глубине его понимания окружающего природного мира.

«Когда мы подвергаем мысленному рассмотрению природу... — писал Ф. Энгельс, — то перед нами сперва возникает картина бесконечного сплетения связей и взаимодействий, в которой ничто не остается неподвижным и неизменным, а все движется, изменяется, возникает и исчезает... Этот первоначальный, наивный, но по сути дела правильный взгляд на мир был присущ древнегреческой философии и впервые выражен Гераклитом...»¹⁴.

В то же время в древнегреческой философии VI—V веков до н. э. зародился и другой подход к познанию мира. В учениях некоторых философов этого периода (Ксенофана, Парменида, Зенона) проявились попытки доказать, что окружающий мир неподвижен, неизменен, ибо всякое изменение представляется противоречивым, а потому — невозможным. Подобные воззрения много веков спустя проявились в науке Нового времени (во всяком случае, до середины XVIII в.), а соответствующий им метод познания получил наименование метафизического.

На определенном этапе научного познания природы метафизический метод, которым руководствовались ученые-естествоиспытатели, был вполне пригоден и даже неизбежен, ибо упрощал, облегчал сам процесс познания. «Разложение природы на ее отдельные части, разделение различных процессов и предметов природы на определенные классы, исследование внутреннего строения органических тел по их многообразным анатомическим формам — все это было основным условием тех исполинских успехов, которые были достигнуты в области познания природы за последние четыреста лет»¹⁵, — писал Ф. Энгельс. В рамках метафизического подхода к миру учеными изучались многие объекты, явления природы, проводилась их классификация.

Наглядным примером этого может служить весьма плодотворная деятельность известного шведского ученого, метафизически мыслящего натуралиста *Карла Линнея* (1707-1778). Будучи талантливым, неутомимым исследователем, Линней все силы своего огромного ума, обогащенного наблюдениями в многочисленных путешествиях, употребил на создание классификации растительного и животного мира. В своем основном труде «Система природы» он

сформулировал принцип такой классификации, установив для представителей живой природы следующую градацию: класс, отряд, род, вид, вариация. Живые организмы, например, Линней разделил на 6 классов (млекопитающие, птицы, амфибии, рыбы, черви, насекомые), а в растительном мире выделил целых 24 класса. Оригинальной идеей Линнея стала бинарная система обозначения растений и животных. Согласно этой системе, любое название представителя растительного или животного мира состоит из двух латинских наименований: одно из них является родовым, а второе — видовым. Например, в указанной системе человек именовался по латыни *Homo sapiens*, т. е. человек разумный.

Но, проделав огромную и очень полезную классификационную работу, Линней вместе с тем не вышел за рамки традиционного для науки XVIII века метафизического метода мышления. Распределив, образно говоря, «по полочкам» разновидности представителей живой природы, расположив растения и животных в порядке усложнения их строения, он не усмотрел в этом усложнении развития. Линней считал виды растений и животных абсолютно неизменными. А самих «видов, столько, сколько их создано Творцом», — писал он в своей знаменитой «Системе природы»¹⁶.

Во всем этом нет ничего удивительного. Диалектические идеи всеобщей взаимосвязи и развития могли утвердиться в естествознании лишь после того, как был пройден этап изучения отдельных объектов, явлений природы и их классификации. Не изучив, например, отдельные разновидности растительного и животного мира, не классифицировав их, невозможно было обосновать идею эволюции органической природы. Другими словами, эпохальное открытие Чарльза Дарвина, о котором речь пойдет ниже, могло быть сделано лишь после гигантского труда Карла Линнея, в результате которого уже можно было сравнивать между собой изученные и классифицированные виды растений и животных от простейших и до человека.

Новые научные идеи и открытия второй половины XVIII — первой половины XIX веков вскрыли диалектический характер явлений природы. Достижения естествознания этого периода опровергали метафизический взгляд на природу, демонстрировали ограниченность метафизики,

которая все более и более тормозила дальнейший прогресс науки. Только диалектика могла помочь естествознанию выбраться из теоретических трудностей.

3.6. Третья научная революция.

Диалектизация естествознания

Начало процессу стихийной диалектизации естественных наук, составившему суть третьей революции в естествознании, положила работа немецкого ученого и философа *Иммануила Канта* (1724-1804) «Всеобщая естественная история и теория неба». В этом труде, опубликованном в 1755 году, была сделана попытка исторического объяснения происхождения Солнечной системы.

Гипотезу Канта принято именовать *небулярной* (от лат. *nebula* — туман) поскольку в ней утверждалось, что Солнце, планеты и их спутники возникли из некоторой первоначальной, бесформенной туманной массы, некогда равномерно заполнявшей мировое пространство. Кант пытался объяснить процесс возникновения Солнечной системы действием сил притяжения, которые присущи частицам материи, составлявшим эту огромную туманность. Под влиянием притяжения из этих частиц образовывались отдельные скопления, сгущения, становившиеся центрами притяжения. Из одного такого крупного центра притяжения образовалось Солнце, вокруг него расположились частицы в виде туманностей, которые начали двигаться по кругу. В круговых туманностях образовались зародыши планет, которые начали вращаться также вокруг своей оси. Солнце и планеты сначала разогрелись вследствие трения слагающих их частиц, затем начали остывать.

Хотя Кант в своей работе опирался на классическую механику XVII века (подзаголовок его труда гласил: «Опыт об устройстве и механическом происхождении всего мироздания на основании ньютоновских законов»), он сумел создать *развивающуюся* картину мира, которая не соответствовала философии Ньютона, враждебной эволюции. Идеи Канта о возникновении и развитии небесных тел были несомненным завоеванием науки середины XVIII века. Его космогоническая гипотеза¹⁷ пробила первую брешь в метафизическом взгляде на мир.

Однако научная общественность того времени не обратила должного внимания на гениальную идею Канта (тогда еще 30-летнего приват-доцента из Кенигсберга). Его труд, опубликованный первоначально без указания имени автора, дошел до публики в очень малом числе экземпляров (из-за банкротства издателя) и оставался практически неизвестным до конца XVIII века.

Более сорока лет спустя французский математик и астроном *Пьер Симон Лаплас* (1749-1827), совершенно независимо от Канта и двигаясь своим путем, высказал идеи, развивавшие и дополнявшие кантовское космогоническое учение. В своем труде «Изложение системы мира», опубликованном в 1796 году, Лаплас предположил, что первоначально вокруг Солнца существовала газовая масса, нечто вроде атмосферы. Эта «атмосфера» была так велика, что простиралась за орбиты всех планет. Вся эта масса вращалась вместе с Солнцем (о причине вращения Лаплас не говорил). Затем, вследствие охлаждения, в плоскости солнечного экватора образовались газовые кольца, которые распались на несколько сфероидальных частей — зародышей будущих планет, вращающихся по направлению своего обращения вокруг Солнца. При дальнейшем охлаждении внутри каждой такой части образовалось ядро, и планеты перешли из газообразного в жидкое состояние, а затем начали затвердевать с поверхности.

Имена создателей двух рассмотренных гипотез были объединены, а сами гипотезы довольно долго (почти столетие) просуществовали в науке в обобщенном виде — как космогоническая гипотеза Канта-Лапласа.

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

В первой половине XIX века происходила острая борьба двух концепций — катастрофизма и эволюционизма, которые по-разному объясняли историю нашей планеты. Уровень развития науки этого периода делал уже невозможным сочетать библейское учение о кратковременности истории Земли с накопленными данными о смене геологических формаций и смене фаун, ископаемые остатки которых находились в земных слоях. Это несоответствие некоторые ученые пытались объяснить идеей о катастрофах, которые время от времени случались на нашей планете.

Именно такое объяснение было предложено французским естествоиспытателем *Жоржем Кювье* (1769-1832). В своей работе «Рассуждения о переворотах на поверхности Земли», опубликованной в 1812 году, Кювье утверждал, что каждый период в истории Земли завершался мировой катастрофой — поднятием и опусканием материков, наводнениями, разрывами слоев и т. д. В результате этих катастроф гибли животные и растения, и в новых условиях появились новые их виды. Поэтому, считал Кювье, современные геологические условия и представители живой природы совершенно не похожи на то, что было прежде. Причины катастроф и возникновение новых видов растительного и животного мира Кювье не объяснял.

Катастрофизму Кювье и его сторонников противостояло эволюционное учение, которое в области биологии отстаивал крупный французский естествоиспытатель *Жан Батист Ламарк* (1744-1829). В 1809 году вышла его работа «Философия зоологии». Ламарк видел в изменяющихся условиях окружающей среды движущую силу эволюции органического мира. Согласно Ламарку, изменения в окружающей среде вели к изменениям в потребностях животных, следствием чего было изменение их жизнедеятельности. В течение одного поколения, считал он, в случае перемен в функционировании того или иного органа появляются наследственные изменения в этом органе. При этом усиленное упражнение органов укрепляет их, а отсутствие упражнений — ослабляет. На этой основе возникают новые органы, а старые исчезают. Таким образом, Ламарк полагал, что приобретенные под влиянием внешней среды изменения в живых организмах становятся наследственными и служат причиной образования новых видов. Но передача по наследству этих приобретенных изменений ни Ламарком, ни кем-либо из его последователей доказана не была. Поэтому взгляды Ламарка на эволюцию живой природы не получили должного обоснования. Однако это не умаляет его заслуги как создателя первого в истории науки целостного, систематического эволюционного учения.

Для утверждения этого учения исключительно важную роль сыграл трехтомный труд «Основы геологии» английского естествоиспытателя *Чарлза Лайеля* (1797-1875). В этом труде, опубликованном в 1830—1833 годах, Лайель

нанес сокрушительный удар по теории катастроф. Проведя анализ большого фактического материала, он показал, что все изменения, которые произошли в течение геологической истории, происходили под влиянием тех же факторов, которые действуют и в настоящее время. А потому для объяснения этих изменений совершенно не нужно прибегать к представлениям о грандиозных катастрофах. Необходимо допустить лишь очень длительный срок существования Земли.

Геологический эволюционизм оказал немалое влияние на дальнейшее совершенствование эволюционного учения в биологии. В предисловии к своей знаменитой книге «Происхождение видов в результате естественного отбора» *Чарлз Роберт Дарвин* (1809-1882) писал: «Тот, кто прочтет великий труд Чарлза Лайеля о принципах геологии и все-таки не усвоит, как непостижимо огромны были прошлые периоды времени, может сразу же закрыть эту книгу»¹⁸.

Главный труд Дарвина «Происхождение видов» был опубликован в 1859 году. В нем Дарвин, опираясь на огромный естественнонаучный материал из области палеонтологии, эмбриологии, сравнительной анатомии, географии животных и растений, изложил факты и причины биологической эволюции. Он показал, что вне саморазвития органический мир не существует и поэтому органическая эволюция не может прекратиться. Развитие — это условие существования вида, условие его приспособления к окружающей среде. Каждый вид, считал Дарвин, всегда находится на пути недостижимой гармонии с его жизненными условиями. Принципиально важной в учении Дарвина является теория естественного отбора. Согласно этой теории, виды, с их относительно целесообразной организацией возникли и возникают в результате отбора и накопления качеств, полезных для организмов в их борьбе за существование в данных условиях.

Наряду с фундаментальными работами, раскрывающими процесс эволюции, развития природы, появились новые естественнонаучные открытия, подтверждавшие наличие *всеобщих связей* в природе.

К числу этих открытий относится клеточная теория, созданная в 30-х годах XIX века. Ее авторами были ботаники *Маттиас Якоб Шлейден* (1804-1881), установив-

ший, что все растения состоят из клеток, и профессор, биолог *Теодор Шванн* (1810-1882), распространивший это учение на животный мир. В октябре 1838 года Шлейден и Шванн встретились и обменялись мнениями. После этого Шванн следующим образом сформулировал сделанное открытие: «Весь класс клеточных растений состоит только из клеток». Что касается животных, то их все «многообразные формы возникают также только из клеток, причем аналогичных клеткам растений»¹⁹. Открытием клеточного строения растений и животных была доказана связь, единство всего органического мира.

Еще более широкомасштабное единство, взаимосвязь в материальном мире были продемонстрированы благодаря открытию закона сохранения и превращения энергии. Этот закон имел значительно большую «сферу охвата», чем учение о клеточном строении животных и растений: последнее целиком и полностью принадлежит биологии, а закон сохранения и превращения энергии имеет универсальное значение, т. е. охватывает все науки о природе.

К идее о превращении одной формы энергии в другую первоначально пришел немецкий врач *Юлиус Роберт Майер* (1814—1878) во время своего путешествия в Ост-Индию в 1840 году. Он обнаружил, что венозная кровь больных в тропиках была краснее, чем в Европе, и объяснил это явление более высоким содержанием кислорода в крови. Последнее, полагал Майер, обусловлено тем, что при высоких температурах в организме человека сгорает меньше пищи, поскольку тело в этих условиях требует меньше тепла, получаемого за счет питания. Поэтому в венозной крови остается больше кислорода. Таким образом, Майер фактически высказал мысль, что химическая энергия, содержащаяся в пище, превращается в теплоту (подобно тому, как это происходит с механической энергией мышц).

Только в 1842 году, после некоторых неудач, Майеру удалось опубликовать свою идею в статье «О количественном и качественном определении сил», а в 1845 году вышла его книга «Органическое движение в его связи с обменом веществ, вклад в естествознание». В этих работах Майер показал, что химическая, тепловая и механическая энергии могут превращаться друг в друга и являются равноценными.

Выводы Майера с недоверием были восприняты в научных кругах того времени как недостаточно обоснованные. Но опыты, проведенные одновременно и независимо от Майера английским исследователем *Джеймсом Прескоттом Джоулем* (1818-1889), подвели под идеи Майера прочную экспериментальную основу. Джоуль показал себя искусным и вдумчивым экспериментатором. На основе хорошо поставленного эксперимента он пришел к выводу, что теплоту можно создавать с помощью механической работы, используя магнитоэлектричество (электромагнитную индукцию), и эта теплота пропорциональна квадрату силы индуцированного тока. Вращая электромагнит индукционной машины с помощью падающего груза, Джоуль определил соотношение между работой этого груза и теплотой, выделяемой в цепи.

Результаты, полученные в экспериментах, привели Джоуля к следующему обобщенному выводу: «... Во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты»²⁰. В работе «О тепловом эффекте магнитоэлектричества и механическом эффекте теплоты» (1843 г.) Джоуль утверждал, что животная теплота возникает в результате химических превращений в организме, т.е. фактически делал те же выводы, к которым несколько ранее пришел Майер.

В первой половине 40-х годов XIX века и некоторые другие ученые претендовали на приоритет в открытии закона сохранения и превращения энергии. Например, в том же 1843 году датский инженер *Людвиг Август Кольдинг* (1815-1888) доложил в Королевском Копенгагенском обществе о результатах своих опытов по определению отношения между механической работой и теплотой, которые позволили считать его одним из сооткрывателей указанного закона.

В отстаивании данного закона и его широком признании в научном мире большую роль сыграл один из наиболее знаменитых физиков XIX века *Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц* (1821-1894). Будучи, подобно Майеру, врачом, Гельмгольц так же, как и он, пришел от физиологии к закону сохранения энергии. Признавая приоритет Майера и Джоуля, Гельмгольц пошел дальше и увязал этот закон с принципом невозможности вечного двигателя.

Доказательство сохранения и превращения энергии утверждало идею единства, взаимосвязанности материального мира. Вся природа отныне предстала как непрерывный процесс превращения универсального движения материи из одной формы в другую.

Свой вклад в диалектизацию естествознания внесли и некоторые открытия в химии. К числу таковых относится получение в 1828 году немецким химиком *Фридрихом Вёлером* (1800-1882) искусственного органического вещества — мочевины. Это открытие положило начало целому ряду синтезов органических соединений из исходных неорганических веществ. Антиметафизическая направленность формирующейся органической химии проявилась прежде всего в том, что эта отрасль науки положила начало разрушению представления об отсутствии связи, о полной независимости двух огромных сфер природы — неорганической и органической. Как отмечал Ф. Энгельс, «благодаря получению неорганическим путем таких химических соединений, которые до того времени порождались только в живом организме, было доказано, что законы химии имеют ту же силу для органических тел, как и для неорганических, и была заполнена значительная часть той якобы навеки непреодолимой пропасти между неорганической и органической природой...»²¹.

Создание в 40-х годах XIX века учения о гомологии, т. е. закономерном изменении свойств органических соединений в зависимости от их состава, также способствовало диалектизации естествознания, ибо укрепляло идею взаимосвязи и единства химических веществ.

Еще одним поистине эпохальным событием в химической науке, внесшим большой вклад в процесс диалектизации естествознания, стало открытие периодического закона химических элементов. 1 марта 1869 года выдающийся ученый-химик *Дмитрий Иванович Менделеев* (1834-1907) разослал русским и иностранным химикам сообщение, которое он озаглавил «Опыт системы элементов, основанный на их атомном весе и химическом сходстве». В этом сообщении было изложено великое открытие Менделеева: существует закономерная связь между химическими элементами, которая заключается в том, что свойства элементов изменяются в периодической зависимости от их атомных весов. Качественные свойства элементов зависят

от их количественных свойств, причем это отношение меняется периодически, скачками. Обнаружив эту закономерную связь, Менделеев расположил элементы в естественную систему, в зависимости от их родства.

В результате появилась также возможность предвидеть свойства ряда новых, еще не открытых элементов, для которых Д.И. Менделеев оставил в таблице пустые места. Первым элементом из предсказанных Менделеевым был элемент галлий, открытый в 1875 году. За этим последовали открытия и других элементов. В 1954 году был открыт «элемент 101», названный «менделеевиумом» в честь великого русского химика.

Из всего вышесказанного следует, что основополагающие принципы диалектики — принцип развития и принцип всеобщей взаимосвязи — получили во второй половине XVIII и особенно в XIX веках мощное естественнонаучное обоснование.

3.7. Очищение естествознания от натурфилософских представлений

Третья научная революция, наряду с диалектизацией естествознания, явившейся ее сутью, включала и начавшийся в конце XVIII века процесс очищения науки от натурфилософских понятий и представлений.

Первым из таких представлений, подвергшихся пересмотру в свете новых научных данных, явилась теория флогистона. Ученые второй половины XVII-XVIII вв. для объяснения процесса горения привлекали некоторую субстанцию, своеобразное «начало горючести» — флогистон (от греч. «флогистос» — воспламеняемый, горючий). Считалось, что хорошо горят те тела, которые содержат много флогистона, и наоборот, тела, содержащие мало флогистона, должны гореть плохо. Натурфилософское учение о флогистоне занимало господствующее положение в химии более ста лет.

Наиболее полно это учение изложил в своей книге «Химические и физические опыты, наблюдения и размышления» немецкий химик *Георг Эрнст Шталь* (1660-1734). С его точки зрения, флогистон — это легчайшая материальная субстанция земного происхождения, с помощью которой можно объяснить процессы горения, прокаливания,

обжига и т. п. Развитие горного дела и металлургии, необходимость выплавки металлов и термической обработки изделий побуждали ученых и практиков уделять все больше внимания этим процессам. Считалось, что флогистон как особо легкая субстанция обладает способностью «отнять у вещества часть его веса» путем передачи своей летучести частицам этого вещества, которые затем осаждаются. Это типично натурфилософское, умозрительное представление подтверждало, как казалось, целый ряд общеизвестных фактов: осаждение сажи в дымовых трубах, серы в верхних частях реторты и т. п. Шталь полагал, что при медленном прокаливании металлов их плотность постепенно нарушается и флогистон получает возможность свободно улетучиваться. Если этот процесс происходит быстро, то флогистон захватывает с собой отдельные мельчайшие частички вещества, в результате чего наблюдается их последующее осаждение.

Флогистонная теория находилась в согласии со многими укоренившимися старыми воззрениями и прежде всего с пониманием горения как процесса распада вещества, что характерно было еще для взглядов Аристотеля. Опровергнуть эту теорию удалось лишь к концу XVIII века благодаря исследованиям, которые провел выдающийся французский ученый *Антуан Лоран Лавуазье* (1743-1794). Его внимание привлекла одна из самых актуальных проблем химии того времени — проблема горения, восстановления и окисления металлов.

В 1774 году в своей книге «Небольшие работы по физике и химии» Лавуазье впервые выдвинул идею об участии атмосферного воздуха в процессах горения (кислород был тогда еще неизвестен). А три года спустя, в 1777 году, он развил эту идею в работе «Общее рассмотрение природы кислот и принципов их соединения». Лавуазье указал на то, что хотя теория флогистона и объясняет кое-что в явлениях горения и кальцинации, но ее нельзя признать удовлетворительной и принять как научную. Новая теория горения, выдвинутая Лавуазье, сводилась к следующим положениям:

1. Тела горят только в «чистом воздухе».
2. «Чистый воздух» поглощается при горении, и увеличение массы сгоревшего тела равно уменьшению массы воздуха.

3. Металлы при прокаливании превращаются в «земли», горящие сера или фосфор, соединяясь с «чистым воздухом» и водой, превращаются в кислоты.

Так было установлено очень важное положение: увеличение массы обжигаемого металла происходит вследствие присоединения к нему определенной составной части воздуха. Лавуазье сделал также обобщающий вывод о том, что все кислоты состоят из радикала и окисляющего кислотообразующего начала — «оксигена», т. е. кислорода.

Несколько лет спустя Лавуазье окончательно выяснил главенствующую роль кислорода в своей теории. В трактате «Размышления о флогистоне», опубликованном в 1786 году, он решительно опроверг натурфилософскую флогистонную теорию.

Значительно позднее флогистона из науки было изгнано другое натурфилософское понятие — теплород; последнее долгое время играло важную роль в теории теплоты. Теплород мыслился в виде особой, фантастической «тепловой жидкости», которая, перетекая от одного тела к другому, обеспечивает процесс теплопередачи. Понимание теплоты как особой субстанции длительное время считалось общепризнанным в науке, и надо было иметь большое научное мужество, которое проявил наш соотечественник, выдающийся ученый *Михаил Васильевич Ломоносов* (1711-1765), чтобы противопоставить концепции теплорода совершенно иное понимание тепловых явлений.

В своей работе «Размышления о причине теплоты и холода», опубликованной в 1750 году, Ломоносов подверг критике концепцию теплорода и обосновал кинетическую гипотезу теплоты. Гипотеза Ломоносова состояла в том, что теплота — это форма движения мельчайших материальных частиц (корпускул, или молекул). Их вращательное движение является причиной тепла. Основные положения развитой Ломоносовым кинетической гипотезы теплоты сводились к следующему: 1) молекулы (корпускулы) имеют шарообразную форму; 2) при более быстром вращении частиц теплота должна увеличиваться, а при более медленном — уменьшаться; 3) частицы горячих тел вращаются быстрее, более холодных — медленнее; 4) горячие тела должны охлаждаться при соприкосновении с холодным, так как это замедляет теплотворное движение частиц;

5) холодные же тела должны нагреваться при соприкосновении с горячим вследствие ускорения движения частиц.

Однако кинетическая гипотеза Ломоносова, созданная в середине XVIII века, не смогла в то время переломить сложившийся стереотип научного мышления. Натурфилософское учение о теплороде просуществовало еще почти целое столетие.

Некоторые экспериментальные работы конца XVIII — первой половины XIX века (опыты Б. Томпсона — графа Румфорда, демонстрировавшие выделение тепла при высверливании канала в пушечном стволе, опыты по получению теплоты трением английского исследователя Дэви и др.) свидетельствовали о связи теплоты с механическим движением, однако большинство ученых, работавших в области физики тепла, упорно усматривали в этом нечто совсем иное: проводя аналогию с электризацией тел трением, они утверждали, что трение способствует выжманию теплорода из тела. Только в середине XIX века, когда был открыт закон сохранения и превращения энергии, физики окончательно отказались от теплорода и вернулись к кинетической концепции теплоты, успешно разрабатывавшейся Ломоносовым еще за сто лет до открытия этого закона.

Появление закона сохранения и превращения энергии помогло опровергнуть еще одно натурфилософское представление о так называемой «жизненной силе» организма. Учение, основывавшееся на этом натурфилософском представлении, получило наименование витализма. Его сторонники полагали, что живой организм функционирует благодаря наличию в нем особой «жизненной силы». Тем самым физиологические процессы исключались из сферы физических и химических законов и обусловились этой мифической, таинственной «силой». Такое положение в биологии продолжалось до тех пор, пока Роберт Майер, который, как было сказано ранее, являлся врачом, своими наблюдениями показал, что живой организм управляется естественными физико-химическими законами и прежде всего законом сохранения и превращения энергии.

Работы ряда ученых XIX века в области электромагнетизма (о которых подробнее будет сказано в следующем разделе) привели к отказу от таких натурфилософских понятий, как электрическая и магнитная жидкости. На

основе новых представлений об электричестве и магнетизме французский физик *Андре Мари Ампер* (1775-1836) первым пришел к выводу об отсутствии в природе каких-либо электрических или магнитных жидкостей (как положительных, так и отрицательных). Введение в учение об электричестве и магнетизме натурфилософского понятия жидкостей соответствовало тогдашнему механистическому подходу, пытавшемуся решать любые физические вопросы с помощью субстанций и действующих между ними простых сил. Работы Ампера и других исследователей привели к тому, что субстанциональное понимание электромагнитных явлений было заменено принципиально новым понятием электромагнитного поля.

Последним натурфилософским представлением, продержавшимся дольше всех других натурфилософских понятий, был мировой эфир.

Концепцию мирового эфира — гипотетической среды, заполняющей все мировое пространство, — признавали все физики XIX века. Этому в особенности способствовала победа, одержанная в середине XIX века волновой теорией света над корпускулярной. Причина этой победы заключалась в том, что волновая теория давала объяснение дифракции света, т. е. отклонению световых волн, происходящему при распространении света вблизи краев непрозрачных тел. При прохождении сквозь узкие отверстия, щели и т. п. Но принятие волновой теории приводило в то же время к мысли о существовании субстанции, в которой световые волны распространяются. В этом случае все хорошо согласовывалось с механическими представлениями об окружающем мире, еще очень характерными для большей части XIX века.

В связи с этим следует отметить, что известный английский ученый Дж. Максвелл (о котором еще будет сказано ниже) незадолго до своей смерти направил письмо астроному Годду, в котором указывал на принципиальную возможность экспериментального определения движения Земли относительно эфира. Правда, такой прибор должен был обладать очень высокой чувствительностью, которую Максвелл считал технически недостижимой. В 1880 г. (после смерти Максвелла) указанное письмо было опубликовано

но. А в следующем 1881 году молодой американский ученый *Альберт Абрахам Майкельсон* (1852-1931) уже производил опыты с такого рода прибором.

Результаты своего опыта Майкельсон опубликовал в том же 1881 году в статье «Относительное движение Земли и светоносного эфира». Однако никакого относительно движения фактически обнаружить не удалось. В 80-х годах XIX века Майкельсон неоднократно повторял свои опыты, используя все более совершенную и точную аппаратуру. Результат был все тот же: обнаружить «светоносный эфир» не удавалось. Об этом вновь было заявлено в совместной статье Майкельсона и Морли «Об относительном движении Земли и светоносного эфира», опубликованной в 1887 году.

С уходом из науки концепции мирового эфира завершилась эпоха натурфилософии, понятия и представления которой в течение длительного времени занимали господствующее положение в науке. Как бы подводя итог этому длительному периоду в истории естествознания, Ф. Энгельс писал: «Дать... общую картину природы было прежде задачей так называемой натурфилософии, которая... заменяла неизвестные еще ей действительные связи явлений идеальными, фантастическими связями и замещала недостающие факты вымыслами, пополняя действительные пробелы лишь в воображении. При этом ею были высказаны многие гениальные мысли и предугаданы многие позднейшие открытия, но не мало было также наговорено и вздора. Иначе тогда и быть не могло. Теперь же, когда нам достаточно взглянуть на результаты изучения природы диалектически, т.е. с точки зрения их собственной связи... теперь натурфилософии пришел конец. Всякая попытка воскресить ее не только была бы излишней, а была бы шагом назад»²².

3.8. Исследования в области электромагнитного поля и начало крушения механистической картины мира

В предисловии к своему знаменитому труду «Математические начала натуральной философии» И. Ньютон высказал следующую установку на будущее: «Было бы жела-

тельно вывести из начал механики и остальные явления природы...»²³.

Многие естествоиспытатели вслед за Ньютоном старались объяснить, исходя из начал механики, самые различные природные явления. При этом они неправомерно экстраполировали законы, установленные лишь для механической сферы явлений, на все процессы окружающего мира. В торжестве законов Ньютона, считавшихся всеобщими и универсальными, черпали веру в успех ученые, работавшие в астрономии, физике, химии.

Длительное время теории, объяснявшие закономерности соединения химических элементов, опирались на идею тяготения между атомами. Уже упоминавшийся выше французский математик и астроном Пьер Симон Лаплас был убежден, что к закону всемирного тяготения сводятся все явления, известные ученым. Исходя из этого, он работал над созданием, — в дополнение к механике небесной, созданной Ньютоном, — новой, молекулярной механики, которая, по его мнению, была призвана объяснить химические реакции, капиллярные явления, феномен кристаллизации, а также то, почему вещество может быть твердым, жидким или газообразным. Лаплас видел причины всего этого во взаимном притяжении между молекулами, которое, считал он, есть только «видоизменение всемирного тяготения».

Как очередное подтверждение ньютоновского подхода к вопросу об устройстве мира было первоначально воспринято физиками открытие, которое сделал французский военный инженер, впоследствии член парижской Академии наук *Шарль Огюст Кулон* (1736-1806). Оказалось, что положительный и отрицательный электрические заряды притягиваются друг к другу прямо пропорционально величине зарядов и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Создавалось впечатление о новой демонстрации права закона всемирного тяготения служить своего рода образцом, универсальным ответом на любые задачи. Лишь впоследствии стало ясно: впервые появился в науке один из законов электромагнетизма. После Кулона открылась возможность построения математической теории электрических и магнитных явлений.

Механистическая картина мира знала только один вид материи — вещество, состоящее из частиц, имеющих массу. В XIX веке к числу свойств частиц стали прибавлять электрический заряд. И хотя масса, как считалось, была у всех частиц, а заряд — только у некоторых, обладание электрическим зарядом было признано таким же фундаментальным, важнейшим их свойством, как и масса.

Английский химик и физик *Майкл Фарадей* (1791-1867) ввел в науку понятие электромагнитного поля. 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 Фарадея предпринял выдающийся английский ученый *Джеймс Клерк Максвелл* (1831-1879). Его основной работой, заключавшей в себе математическую теорию электромагнитного поля, явился «Трактат об электричестве и магнетизме», изданный в 1873 году. Введение Фарадеем понятия электромагнитного поля и математическое определение его законов, данное в уравнениях Максвелла, явились самыми крупными событиями в физике со времен Галилея и Ньютона.

Но потребовались новые результаты, чтобы теория Максвелла стала достоянием физики. Решающую роль в победе максвелловской теории сыграл немецкий физик *Генрих Рудольф Герц* (1857-1894). Именно ему по поручению Гельмгольца (Герц был его любимым учеником) довелось проверить экспериментально теоретические выводы Максвелла. В 1886 году Герц продемонстрировал «беспроводное распространение» электромагнитных волн. Он смог также доказать принципиальную тождественность полученных им электромагнитных переменных полей и световых волн.

Работы в области электромагнетизма положили начало крушению механистической картины мира.

С тех пор механистические представления о мире были существенно поколеблены. Ведь любые попытки распространить механические принципы на электрические и маг-

нитные явления оказались несостоятельными. Поэтому естествознание вынуждено было в конце концов отказаться от признания особой, универсальной роли механики. Механистическая картина мира начала сходить с исторической сцены, уступая место новому пониманию физической реальности.

I Естествознание XX века

4.1. Четвертая научная революция.

Проникновение в глубь материи.

Теория относительности и квантовая механика.

Окончательное крушение механистической картины мира

Еще в конце XIX века большинство ученых склонялись к точке зрения, что физическая картина мира в основном построена и останется в дальнейшем неизменной. Предстоит уточнить лишь детали. Но в первые десятилетия XX века физические воззрения изменились коренным образом. Это было следствием «каскада» научных открытий, сделанных в течение чрезвычайно короткого исторического периода, охватывающего последние годы XIX столетия и первые десятилетия XX века.

В 1896 году французский физик *Антуан Анри Беккерель* (1852-1908) открыл явление самопроизвольного излучения урановой соли. Исследуя это явление, он наблюдал разряд наэлектризованных тел под действием указанного излучения и установил, что активность препаратов урана оставалась неизменной более года. Однако природа нового явления еще не была понята.

В его исследование включились французские физики, супруги *Пьер Кюри* (1859-1906) и *Мария Склодовская-Кюри* (1867-1934). Прежде всего их заинтересовал вопрос: нет ли других веществ, обладающих свойством, аналогичным урану? В 1898 году были открыты новые элементы, **также** обладающие свойством испускать «беккерелевы лучи», — полоний и радий. Это свойство супруги Кюри

назвали радиоактивностью. Их напряженный труд принес щедрые плоды: с 1898 г. одна за другой стали появляться статьи о получении новых радиоактивных веществ.

А годом раньше, в 1897 году, в лаборатории Кавендиша в Кембридже при изучении электрического разряда в газах (катодных лучей) английский физик *Джозеф Джон Томсон* (1856-1940) открыл первую элементарную частицу — электрон. В последующих опытах по измерению заряда электрона и получению отношения этого заряда к массе было обнаружено совершенно необычное явление зависимости массы электрона от его скорости. Уяснив, что электроны являются составными частями атомов всех веществ, Дж. Томсон предложил в 1903 году первую (электромагнитную) модель атома. Согласно этой модели, отрицательно заряженные электроны располагаются определенным образом (как бы «плавают») внутри положительно заряженной сферы. Сохранение электронами определенного места в сфере есть результат равновесия между положительным равномерно распределенным ее зарядом и отрицательными зарядами электронов. Но модель «атома Томсона» просуществовала сравнительно недолго.

В 1911 году знаменитый английский физик *Эрнст Резерфорд* (1871-1937) предложил свою модель атома, которая получила название планетарной. Появлению этой новой модели атома «предшествовали эксперименты, проводимые Э. Резерфордом и его учениками, ставшими впоследствии знаменитыми физиками, *Гансом Гейгером* (1882-1945) и *Эрнстом Марсденом* (1889-1970). В результате этих экспериментов, показавших неприемлемость модели атома Дж. Томсона, было обнаружено, что в атомах существуют ядра — положительно заряженные микрочастицы, размер которых очень мал по сравнению с размерами атомов. Но масса атома почти полностью сосредоточена в его ядре. Исходя из этих новых представлений, Резерфорд и выдвинул свое понимание строения атома, которое он обнародовал 7 марта 1911 года на заседании Манчестерского философского общества. По его мнению, атом подобен Солнечной системе: он состоит из ядра и электронов, которые обращаются вокруг него²⁴.

Но планетарная модель Резерфорда обнаружила серьезный недостаток: она оказалась несовместимой с электродинамикой Максвелла. Согласно законам электродинами-

ки, любое тело (частица), имеющее электрический заряд и движущееся с ускорением, обязательно должно излучать электромагнитную энергию. Но в этом случае электроны очень быстро потеряли бы свою кинетическую энергию и упали на ядро. С этой точки зрения, оставалась непонятной необычайная устойчивость атомов. Кроме того, в соответствии с законами электродинамики, частота излучаемой электроном электромагнитной энергии должна быть равна частоте собственных колебаний электрона в атоме или (что то же) числу оборотов электрона вокруг ядра в секунду. Но в этом случае спектр излучения электрона должен быть непрерывным, так как электрон, приближаясь к ядру, менял бы свою частоту. Опыт же показывал другое: атомы дают электромагнитное излучение только определенных частот (именно поэтому атомные спектры называют линейчатыми, т. е. состоящими из вполне определенных линий). Такая определенность спектра, его ярко выраженная химическая индивидуальность очень трудно совмещается с универсальностью электрона, заряд и масса которого не зависят от природы атома.

Разрешение этих противоречий выпало на долю известного датского физика *Нильса Бора* (1885-1962), предложившего свое представление об атоме. Последнее основывалось на квантовой теории, начало которой было положено на рубеже XX века немецким физиком *Максом Планком* (1858-1947). Планк выдвинул гипотезу, гласящую, что испускание и поглощение электромагнитного излучения может происходить только дискретно, конечными порциями — квантами.

Н. Бор, зная о модели Резерфорда и приняв ее в качестве исходной, разработал в 1913 году квантовую теорию строения атома. В ее основе лежали следующие постулаты: в любом атоме существуют дискретные (стационарные) состояния, находясь в которых атом энергию не излучает; при переходе атома из одного стационарного состояния в другое он излучает или поглощает порцию энергии.

Предложенная Бором модель атома, которая возникла в результате развития исследований радиоактивного излучения и квантовой теории, фактически явилась дополненным и исправленным вариантом планетарной модели Резерфорда. Поэтому в истории атомной физики говорят о квантовой модели атома Резерфорда-Бора.

Следует отметить, что научные заслуги Резерфорда не ограничиваются исследованиями, приведшими к упомянутой планетарной модели атома. Совместно с английским химиком *Фредериком Содди* (1877-1956) он провел серьезное изучение радиоактивности. Резерфорд и Содди дали трактовку радиоактивного распада как процесса превращения химических элементов из одних в другие.

Как тут не вспомнить крушение стремлений и надежд многих поколений алхимиков получать одни химические элементы (чаще всего — золото) из других в связи с открытием во второй половине XVIII века Лавуазье закона неизменности химических элементов. И вдруг, в начале XX века, оказалось, что в результате радиоактивного распада некоторые элементы самопроизвольно превращаются в другие. Это было поистине научной сенсацией.

Впрочем, наука XX века принесла немало сенсационных открытий, многие из которых совершенно не укладывались в представление обыденного человеческого опыта. Ярким примером этого может служить теория относительности, созданная в начале нашего столетия мало кому известным тогда мыслителем *Альбертом Эйнштейном* (1879—1955).

В 1905 г. им была создана так называемая специальная теория относительности. В целом теория А. Эйнштейна основывалась на том, что — в отличие от механики И. Ньютона — пространство и время не абсолютны. Они органически связаны с материей и между собой. Когда А. Эйнштейна попросили выразить суть теории относительности в одной, по возможности понятной фразе, он ответил: «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»²⁵.

Более подробно о теории относительности сказано в разделе, посвященном пространственно-временным представлениям. Мы здесь лишь отметим, что эта теория получила признание далеко не сразу. Специальная теория относительности была быстро принята лишь узким кругом известных физиков-теоретиков. Но в 20-х годах, после появления общей теории относительности, этот круг существенно расширился. Эйнштейн получил полную поддержку многих выдающихся ученых, работавших в других об-

ластях физики, но обладавших широкой культурой физического мышления.

Хотя имя А. Эйнштейна по сей день в массовом сознании связывается с теорией относительности, эта теория была далеко не единственным его научным достижением. Опираясь на представление Планка о квантах, Эйнштейн еще в 1905 году сумел обосновать природу фотоэффекта. Каждый электрон выбивается из металла под действием отдельного светового кванта, или фотона, который при этом теряет свою энергию. Часть этой энергии уходит на разрыв связи электрона с металлом. Эйнштейн показал зависимость энергии электрона от частоты светового кванта и энергии связи электрона с металлом.

Казалось, что корпускулярная теория материи торжествует. Фотон, например, явно имеет корпускулярные свойства (русский физик П.Н. Лебедев даже доказал в 1899 году существование светового давления). Но вскоре выяснилось, что определить энергию фотона (частицы света, не обладающей массой покоя) можно было, только представляя его себе в виде волны с соответствующей длиной и частотой. Получалось, что фотон — это одновременно и волна и частица. Распространяется он как волна, излучается и поглощается — как частица.

В 1924 году произошло крупное событие в истории физики: французский ученый *Луи де Бройль* (1892-1987) выдвинул идею о волновых свойствах материи. Наиболее убедительное подтверждение существования волновых свойств материи было получено в результате открытия (наблюдения) дифракции электронов в эксперименте, поставленном в 1927 году американскими физиками *Клинтон Дэйвиссоном* (1881-1958) и *Лестером Джермером* (1896-1971). Быстрые электроны, проходя сквозь очень тонкие пластинки металла, вели себя подобно свету, проходящему мимо малых отверстий или узких щелей. Другими словами, распределение электронов, отражавшихся от пластинки и летевших лишь по некоторым избранным направлениям, было таким же, как если бы на пластинку падал пучок света с длиной волны, равной длине волны электрона, вычисленной по формуле де Бройля.

Экспериментально подтвержденная гипотеза де Бройля превратилась в принципиальную основу, пожалуй, наиболее

широкой физической теории — квантовой механики. У объектов микромира, рассматриваемых с ее позиций, обнаружались такие свойства, которые совершенно не имеют аналогий в привычном нам мире. Прежде всего — это корпускулярно-волновая двойственность, или дуализм элементарных частиц (это и корпускулы и волны одновременно, а точнее — диалектическое единство свойств тех и других). Движение микрочастиц в пространстве и времени нельзя отождествлять с механическим движением макрообъекта. Например, положение элементарной частицы в пространстве в каждый момент времени не может быть определено с помощью системы координат, как для привычных нам тел окружающего мира. Движение микрочастиц подчиняется законам квантовой механики.

Об абсолютной непригодности законов классической механики в микромире свидетельствует, например, установленное видным немецким физиком *Вернером Гейзенбергом* (1901-1976) соотношение неопределенностей: если известно место положения частицы в пространстве, то остается неизвестным импульс (количество движения), и наоборот. Это одно из фундаментальных положений квантовой механики. С точки зрения классической механики и просто «здравого смысла», принцип неопределенности представляется абсурдным. Нам трудно представить себе, как все это может быть «на самом деле».

Все вышеизложенные революционные открытия в физике перевернули ранее существующие взгляды на мир. Исчезла убежденность в универсальности законов классической механики, ибо разрушились прежние представления о неделимости атома, о постоянстве массы, о неизменности химических элементов и т. д. Теперь уже вряд ли можно найти физика, который считал бы, что все проблемы его науки можно решить с помощью механических понятий и уравнений. Рождение и развитие атомной физики таким образом, окончательно сокрушило прежнюю механистическую картину мира.

4.2. Научно-техническая революция, ее естественнонаучная составляющая и исторические этапы

Новые явления и процессы, имевшие место в развитии естествознания и техники в первой половине XX века, подготовили уникальное в истории общества событие, получившее наименование научно-технической революции (НТР). Последняя в значительной степени определила характер общественного прогресса на рубеже второго и третьего тысячелетий.

Естественнонаучные и технические революции, имевшие место в истории общества, никогда ранее не совпадали, не сливались в единый поток. Они происходили порознь. Особенностью второй половины XX столетия стали революции в естествознании и в технике, которые не только совпали по времени, но и оказались глубоко связанными между собой. Единство этого революционного процесса адекватно отразилось в самом понятии «научно-техническая революция».

Современной научно-технической революции предшествовал своеобразный подготовительный период, относящийся к первой половине XX века. Именно в этот период были сделаны важные естественнонаучные открытия, заложившие фундаментальные основы последующего грандиозного научно-технического переворота. Среди естественнонаучных направлений, в значительной степени определивших наступление НТР, были атомная физика и молекулярная биология.

Вот как пишет об этом известный писатель, популяризатор науки Даниил Данин: «1900 год. Финиширует XIX век и стартует XX. На их рубеже рождаются в интеллектуальном обиходе человечества два новых слова — КВАНТ и ГЕН. Они становятся ключевыми в природоведении современности. И потому — судьбоносными: ЖИЗНЬ и СМЕРТЬ на нашей планете глубинно связались с открытиями и надеждами фундаментальной науки именно в этих ныне главенствующих ее ипостасях — КВАНТОВОЙ и ГЕНЕТИЧЕСКОЙ»²⁶.

Важной вехой в драматической истории атомного века стало экспериментальное наблюдение в конце 30-х годов немецкими физиками О. Ганом и Ф. Штрассманом про-

цесса деления ядер урана и объяснение этого явления в работе Л. Майтнер и О. Фриша. Стало ясным, что физикам удалось осуществить цепную ядерную реакцию, которая может привести к ядерному взрыву с выделением огромной энергии. В условиях начавшейся второй мировой войны группа ученых США во главе с А. Эйнштейном обратилась к тогдашнему американскому президенту Ф. Рузвельту и обосновала настоятельную необходимость развертывания исследований в этом направлении. Начатые после этого исследовательские работы в Лос-Аламосской лаборатории (США, штат Нью-Мексико) привели в середине 40-х годов к созданию первой атомной бомбы.

В СССР работы над атомным оружием были начаты в 1943 году в связи с опасениями, что такое оружие создаст гитлеровская Германия. После ядерных взрывов в Хиросиме и Нагасаки, окончания второй мировой войны и начала войны «холодной» стало очевидным, что наличие монополии на атомное оружие у одного государства — США является фактором, угрожающим миру и международной стабильности.

Советский Союз во второй половине 40-х годов принял беспрецедентные усилия для создания собственной атомной бомбы. Вклад отечественных ученых в решение проблем атомной физики оказался достаточно весомым. Не случайно СССР стал пионером в освоении «мирного атома» (первая в мире атомная электростанция была пущена в 1954 году в городе Обнинске).

XX век в целом и его вторая половина, характеризовавшаяся научно-технической революцией, принесли громадные достижения в области молекулярной биологии. Если в первой половине истекшего столетия прогресс в области изучения макромолекул был еще сравнительно медленным, то во второй половине этого столетия, т.е. в эпоху НТР, эти исследования существенно ускорились благодаря технике физических методов анализа. На основе полученных данных о структуре живого вещества удалось воссоздать строение ряда белков и полипептидных гормонов, а также синтезировать некоторые менее сложные вещества. Химия белков, которая ранее казалась малоперспективной областью естествознания, выдвинулась на передний край науки, а раскрытие в середине XX века струк-

туры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) послужило началом интенсивных исследований в химии и биологии.

Было выяснено, что нуклеиновые кислоты, являющиеся носителем и передатчиком наследственных качеств и играющие основную роль в синтезе клеточных белков, образуют группы веществ, важность которых трудно переоценить. Выдвинутая в начале 50-х годов XX века гипотеза, согласно которой должны существовать особые молекулы нуклеиновых кислот, выполняющие функции перевода языка нуклеиновых кислот на язык белков, достаточно скоро получила экспериментальное подтверждение. К началу 60-х годов у ученых-биологов уже сложилось четкое понимание основных процессов передачи информации в клетке при синтезе белка.

Отмеченные выше достижения в области атомной физики и молекулярной биологии, а также появление кибернетики обеспечили естественнонаучную основу *первого этапа* НТР, начавшегося в середине XX века и продолжавшегося примерно до середины 70-х годов. Основными техническими направлениями этого этапа НТР стали атомная энергетика, электронно-вычислительная техника (явившаяся технической базой кибернетики) и ракетно-космическая техника. В последней, как и в атомной энергетике (избежавшей «идеологических передрыг») СССР с самого начала занял ведущее место в мире.

Со второй половины 70-х годов начался *второй этап* НТР, продолжающийся до сих пор. Важной характеристикой второго этапа НТР стали новые технологии, которых не было в середине XX века. К ним относятся лазерная технология, биотехнология и др. По мнению наиболее авторитетного научного органа США — Национального научного совета, «никогда еще в истории естествознания не существовало такого спектра научных и технологических возможностей, как, например, в области сверхпроводимости или биотехнологии»²⁷.

Становление биотехнологии было связано с успехами биологии в познании особенностей организации молекулярных структур живого и процессов этого уровня, осуществлением искусственного синтеза отдельных генов и их включения в геном бактериальной клетки. Это позволило контролировать основные процессы биосинтеза в клетке, создавать такие генетические системы бактериальной клет-

ки, которые способны осуществлять биосинтез определенных соединений в промышленных условиях. На решение таких задач ориентируется ныне ряд направлений биотехнологии.

Биологическая технология определила возникновение нового типа производства — биологизированного. Примером такого производства могут быть предприятия микробиологической промышленности. Биологизация производства — это новый этап научно-технического прогресса, когда наука о живом превращается в непосредственную производительную силу общества, и ее достижения используются для создания промышленных технологий.

Значение геномной инженерии на втором этапе НТР характеризуется существенным расширением ее диапазона: от получения новых микроорганизмов с заранее заданными свойствами (путем направленного изменения их наследственного аппарата) и до клонирования высших животных. Конец XX столетия ознаменовался небывалыми успехами в расшифровке генетической основы человека. В 1990 году «стартовал» международный проект «Геном человека», ставящий целью получение полной генетической карты *Homo sapiens*. В этом проекте приняли участие более двадцати наиболее развитых в научном отношении стран, включая и Россию.

Важной характеристикой второго этапа НТР стала невиданная ранее информатизация общества на основе персональных компьютеров (появившихся в конце 70-х годов) и Всемирной системы общедоступных электронных сетей, получившей наименование «Интернет». В результате человек, во-первых, получил доступ к объемам информации значительно большим, чем когда бы то ни было; а во-вторых, появился новый способ общения, который можно назвать горизонтальным. До его появления общение и распространение информации было в основном вертикальным (автор выпускает книгу — читатели читают, по радио и телевидению что-то передают — люди слушают это или смотрят; обратная связь ранее почти отсутствовала, хотя потребность в ней всегда была исключительно высока). Интернет обеспечивает распространение информации для практически неограниченного круга потребителей, причем они без всякого труда могут коммуницировать друг с другом.

Еще одним направлением второго этапа НТР, заложившим физические основы принципиально новых информационных и коммуникационных технологий, стали исследования в области физики полупроводниковых наногетероструктур. Достигнутые успехи в этих исследованиях, имеющие огромное значение для развития оптоэлектроники и электроники высоких скоростей, были отмечены в 2000 году Нобелевской премией по физике, которую разделили российский ученый, академик Ж. И. Алферов²⁸, американские ученые Г. Кремер и Дж. Килби.

Таким образом, научно-техническая революция повлекла перестройку всего технического базиса, технологического способа производства. Вместе с тем она вызвала серьезные изменения в миропонимании. Последнее нашло воплощение в принципиально новых, синергетических представлениях об объективной реальности.

На современном этапе познания материального мира чрезвычайно важную роль играет парадигма самоорганизации, которая служит естественнонаучной основой философской категории развития. В настоящее время установлено, что обязательным условием развития является процесс самоорганизации, приводящий к возникновению качественно новых материальных структур.

Длительное время в науке доминировало представление об отсутствии явления самоорганизации в неживой природе. Считалось, что объекты неорганического мира способны изменяться только в направлении дезорганизации. Последнее означает, что в соответствии со вторым началом термодинамики, системы неживой природы могут «эволюционировать» лишь в сторону возрастания их энтропии²⁹, а значит, хаоса³⁰. Считалось, что самоорганизующиеся процессы присущи только живым системам.

Постепенно в науке накапливалось все большее число фактов, свидетельствовавших о возникновении упорядоченных структур и феномена самоорганизации в неживой природе при наличии определенных условий. Даже повседневные наблюдения (образование, например, песчаных дюн, вихрей на воде, различного рода кристаллов и т.п.) свидетельствуют о том, что и в неживой природе, — наряду с дезорганизацией, — происходит также и самоорганизация, которая проявляется в возникновении новых материальных структур.

Указанные наблюдения и соответствующие обобщения привели к возникновению *синергетики* — междисциплинарного научного направления, изучающего общие и универсальные механизмы самоорганизации, т.е. механизмы самопроизвольного возникновения и относительно устойчивого существования макроскопических упорядоченных структур самой различной природы. Синергетика стирает, как казалось, непреодолимые грани между физическими и химическими процессами, с одной стороны, и биологическими и социальными процессами — с другой, ибо исследует общие механизмы самоорганизации и тех, и других.

Синергетика, сформировавшаяся как наиболее общая теория самоорганизации, стала важной характеристикой второго этапа НТР и привела к радикальному изменению естественнонаучной картины мира.

В заключение краткого исторического обзора развития естествознания необходимо отметить следующее. К концу XIX века окончательно завершился, так называемый, классический этап в развитии естествознания, который начался еще XVII веке и для которого были характерны механистические представления о материальном мире. Большая часть XX столетия характеризуется как период неклассического естествознания, исходным пунктом которого явилась разработка релятивистской и квантовой теории. Последние десятилетия XX века считаются периодом формирования новейшего, постнеклассического естествознания, в основе которого лежит парадигма самоорганизации. Создатели синергетики показали, что способность к самоорганизации является атрибутивным свойством материальных систем, а потому синергетика на сегодня является наиболее общей теорией самоорганизации. Основные черты постнеклассического естествознания выражаются синергетикой, изучающей общие принципы процессов самоорганизации, протекающих в системах самой различной природы.

4.3. Панорама современного естествознания

4.3.1. Особенности развития науки в XX столетии

В XX веке естествознание развивалось невероятно быстрыми темпами, что обуславливалось потребностями практики. Промышленность требовала новых технологий, в основе которых лежало естественнонаучное знание.

Мощным стимулом для развития науки и техники стали мировые войны, а также экономическое и военное противостояние двух военно-политических блоков, во главе которых стояли СССР и США. Развитые промышленные страны начали выделять большие средства на развитие системы образования, подготовку и воспроизводство научных кадров. Существенно расширилась сеть научно-исследовательских учреждений, финансируемых как государством, так и частными компаниями.

Если в конце XIX века научные открытия совершались в маленькой лаборатории профессора или в мастерской изобретателя, то в 20-30-е годы XX века начинается эпоха промышленной науки, крупных научно-исследовательских центров, расходующих сотни тысяч и миллионы долларов. С конца XIX века наука начинает себя окупать. Капитал, вложенный в научные разработки, начинает приносить прибыль.

В XX веке наука перестала быть частным делом, какой она была в XVIII-XIX веках, когда ее развивали любознательные самоучки: адвокаты, священники, медики, ремесленники и т. д. Наука становится профессией огромного числа людей. Современные исследования показывают, что развитие науки может быть выражено экспоненциальным законом. Объем научной деятельности удваивается каждые 10-15 лет. Это проявляется в ускорении роста количества научных открытий и объема научной информации, а также числа людей, занятых в науке. В результате — феноменальные достижения во всех областях науки и, прежде всего, в естествознании, которыми так богато ушедшее XX столетие.

В XX веке наука изменила не только сферу производства, но и быт людей. Радио, телевидение, магнитофоны, компьютеры становятся обиходными вещами, также как одежда из синтетических тканей, стиральные порошки, лекарства и т.д.

Все это характеризует как бы внешнюю сторону развития науки нашего времени. Теперь рассмотрим, какие важнейшие научные открытия были сделаны за последние 70-80 лет.

4.3.2. Физика микромира и мегамира.

Атомная физика

Представления об атомах и их строении за последние сто лет изменились радикально. В конце XIX века ученые считали, что:

- 1) химические атомы каждого элемента неизменны, и существуют столько сортов атомов, сколько известно химических элементов (в то время - примерно 70);
- 2) атомы данного элемента одинаковы;
- 3) атомы имеют вес, причем различие атомов основано на различии их веса;
- 4) взаимный переход атомов данного элемента в атомы другого элемента невозможен.

В конце XIX — начале XX вв. в физике были сделаны выдающиеся открытия, разрушившие прежние представления о строении материи. Открытие электрона (1897г.), затем протона, фотона и нейтрона показали, что атом имеет сложную структуру. Исследование строения атома становится важнейшей задачей физики XX века.

После открытия электрона, протона, фотона и, наконец, в 1932 году нейтрона было установлено существование большого числа новых элементарных частиц. В том числе: позитрон, (античастица электрона); мезоны — нестабильные микрочастицы; различного рода гипероны — нестабильные микрочастицы с массами больше массы нейтрона; частицы резонансы, имеющие крайне короткое время жизни (порядка 10^{-22} - 10^{-24} с); нейтрино — стабильная, не имеющая электрического заряда частица, обладающая почти невероятной проникаемостью; антинейтрино — античастица нейтрино, отличающаяся от нейтрино знаком лептонного заряда, и др.

В характеристике элементарных частиц существует еще одно важное представление — взаимодействие.

Различают четыре вида взаимодействия.

Сильное взаимодействие (короткодействующее, радиус действия около 10^{-13} см) связывает между собой нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре; именно по этой причине ядра атомов являются весьма устойчивыми, их трудно разрушить.

Электромагнитное взаимодействие (дальнодействующее, радиус действия не ограничен) определяет взаимодействие между электронами и ядрами атомов или молекул; взаи-

модействующие частицы имеют электрические заряды; проявляется в химических связях, силах упругости, трения.

Слабое взаимодействие (короткодействующее, радиус действия меньше 10^{-15} см), в котором участвуют все элементарные частицы, обуславливает взаимодействие нейтрино с веществом.

Гравитационное взаимодействие — самое слабое, не учитывается в теории элементарных частиц; распространяется на все виды материи; имеет решающее значение, когда речь идет об очень больших массах.

Элементарные частицы в настоящее время обычно разделяют на следующие классы:

1. Фотоны — кванты электромагнитного поля, частицы с нулевой массой покоя, не имеют сильного и слабого взаимодействия, но участвуют в электромагнитном.

2. Лептоны (от греч. leptos — легкий), к числу которых относятся электроны, нейтрино; все они не обладают сильным взаимодействием, но участвуют в слабом взаимодействии, а имеющие электрический заряд — также и в электромагнитном взаимодействии.

3. Мезоны — сильно взаимодействующие нестабильные частицы.

4. Барионы (от греч. barys — тяжелый), в состав которых входят нуклоны (нестабильные частицы с массами, большими массы нейтрона), гипероны, многие из резонансов.

Сначала, особенно когда число известных элементарных частиц ограничивалось электроном, нейтроном и протоном, господствовала точка зрения, что атом состоит из этих элементарных «кирпичиков». А дальнейшая задача в исследовании структуры вещества заключается в том, чтобы разыскивать новые, еще не известные «кирпичики», из которых состоит атом, и в определении того, не являются ли эти «кирпичики» (или некоторые из них) сами сложными частицами, построенными из еще более тонких «кирпичиков».

Однако действительная картина строения вещества оказалась еще более сложной, чем можно было предполагать. Оказалось, что элементарные частицы могут претерпевать взаимные превращения, в результате которых некоторые из них исчезают, а некоторые появляются. Нестабильные микрочастицы распадаются на другие, более стабильные, но это вовсе не значит, что первые состоят из вто-

рых. Поэтому в настоящее время под элементарными частицами понимают такие «кирпичики» Вселенной, из которых можно построить все, что нам известно в природе.

Приблизительно в 1963-1964 годах появилась гипотеза о существовании кварков — частиц, из которых состоят барионы и мезоны, являющиеся сильно взаимодействующими и по этому свойству объединенными общим названием адронов. Кварки имеют весьма необычные свойства: обладают дробными электрическими зарядами, что не характерно для других микрочастиц, и, по-видимому, не могут существовать в свободном, не связанном виде. Число различных кварков, отличающихся друг от друга величиной и знаком электрического заряда и некоторыми другими признаками, достигает уже нескольких десятков.

Основные положения современной атомистики могут быть сформулированы следующим образом:

- 1) атом является сложной материальной структурой, представляет собой мельчайшую частицу химического элемента;
- 2) у каждого элемента существуют разновидности атомов (содержащиеся в природных объектах или искусственно синтезированы);
- 3) атомы одного элемента могут превращаться в атомы другого; эти процессы осуществляются либо самопроизвольно (естественные радиоактивные превращения), либо искусственным путем (посредством различных ядерных реакций).

Таким образом, физика XX века давала все более глубокое обоснование идеи развития.

Астрофизика. Релятивистская космология.

Современная космология начала складываться в 20-е годы XX века на основе созданной Эйнштейном общей теории относительности. Из этой теории следует так называемая кривизна пространства и связь кривизны с плотностью массы (энергии). Космология, основанная на этих постулатах, — релятивистская. Еще в 1922 году советский математик и геофизик А.А. Фридман нашел решение уравнений общей теории относительности для замкнутой расширяющейся Вселенной. Он установил, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться, или сжиматься.

Уравнения Фридмана теоретически обосновали нестационарность Вселенной. На этот вывод ученые не обращали внимание вплоть до открытия американским астрономом Эдвином Хабблом (1889-1953) в 1929 году так называемого «красного смещения». Дело в том, что еще в XIX веке австрийский физик и астроном Кристиан Доплер обнаружил, что если источник света приближается, спектральные линии смещаются в сторону более коротких волн, если удаляется — в сторону более длинных (красных) волн. Это явление было названо эффектом Доплера. Э. Хаббл открыл «красное смещение» для всех далеких источников света. Красное смещение оказалось пропорциональным расстоянию до источника, что подтверждало гипотезу о расширении видимой части Вселенной. Тем самым теоретически построенные Фридманом модели нестационарной Вселенной были обоснованы результатами наблюдений.

Существует два различных типа моделей Фридмана.

Если средняя плотность материи во Вселенной меньше некоторой критической величины или равна ей, то тогда Вселенная должна быть пространственно бесконечной. В этом случае современное расширение Вселенной будет продолжаться всегда.

В то же время, если плотность материи во Вселенной больше той же критической величины, тогда гравитационное поле, порожденное материей, искривляет Вселенную, замыкая ее на себя. Вселенная в этом случае конечна, хотя и не ограничена, вроде поверхности сферы. Гравитационные поля достаточно сильны для того, чтобы в конце концов остановить расширение Вселенной, так что рано или поздно она начнет снова сжиматься к состоянию бесконечно большой плотности.

В 1965 году американские ученые-астрономы А. Пензиас и Р. Вилсон сделали с помощью радиотелескопа — устройства, предназначенного для приема радиоизлучения космических объектов, — открытие большой важности. Они установили, что во Вселенной имеется так называемое фоновое радиоизлучение, названное советским ученым И.С. Шкловским реликтовым. Реликтовое радиоизлучение образовалось на раннем этапе существования Вселенной, когда ей было всего около 3 млрд. лет.

Два экспериментально установленных положения — расширение Вселенной и реликтовое излучение — являются убедительными доводами в пользу так называемой теории «большого взрыва», ставшей теперь общепризнанной.

До утверждения этой теории существовала теория стационарного состояния, согласно которой Вселенная всегда была почти такой, какой мы видим ее сейчас. В XVIII-XIX веках и даже в первой половине XX века в астрономии господствовал взгляд на Вселенную как на нечто статическое, не изменяющееся.

Основываясь на теории расширяющейся Вселенной, оказалось возможным проследить развитие Вселенной в «обратную сторону», т. е. попробовать вернуться возможно дальше назад. Хотя осуществить такую реконструкцию было далеко не просто, но все же она оказалась успешной.

По современным представлениям, вначале был взрыв. Всего лишь через одну сотую секунды после взрыва Вселенная имела температуру порядка 100 млрд. градусов К (10^{11} К). При такой высокой температуре (выше температуры центра самой горячей звезды) молекулы, атомы и даже ядра атомов существовать не могут. Вещество Вселенной пребывало в виде элементарных частиц, среди которых преобладали электроны, позитроны, нейтрино, фотоны, а также в относительно малом количестве протоны и нейтроны. Плотность вещества Вселенной спустя 0,01 секунды после взрыва, несмотря на очень высокую температуру, была огромной: в 4000 миллионов раз больше, чем у воды.

В конце первых трех минут после взрыва температура вещества Вселенной, непрерывно снижаясь, достигла 1 млрд. градусов (10^9 К). Плотность вещества также снизилась, но еще была близкой к плотности воды. При этой, хотя и очень высокой, температуре начали образовываться ядра атомов, в частности, ядра тяжелого водорода (дейтерия) и ядра гелия. Однако вещество Вселенной в конце первых трех минут состояло в основном из фотонов, нейтрино и антинейтрино. Только по истечении нескольких сотен тысяч лет начали образовываться атомы, главным образом водорода и гелия. Силы гравитации превращали газ в сгустки, ставшие материалом для возникновения галактик и звезд.

Как следует из сказанного, за последние примерно 50 лет достигнуты значительные результаты в изучении звезд, галактик и даже Вселенной и их эволюции.

4.3.3. Достижения в основных направлениях современной химии

Химию принято подразделять на пять разделов: неорганическая, органическая, физическая, аналитическая и химия высокомолекулярных соединений.

Основными задачами неорганической химии являются: изучение строения соединений, установление связи строения со свойствами и реакционной способностью. Также разрабатываются методы синтеза и глубокой очистки веществ. Большое внимание уделяется кинетике и механизму неорганических реакций, их каталитическому ускорению и замедлению. Для синтезов все чаще применяют методы физического воздействия: сверхвысокие температуры и давления, ионизирующее излучение, ультразвук, магнитные поля. Многие процессы проходят в условиях горения или низкотемпературной плазмы. Химические реакции часто сочетают с получением волокнистых, слоистых и монокристаллических материалов, с изготовлением электронных схем.

Неорганические соединения применяются как конструкционные материалы для всех отраслей промышленности, включая космическую технику, как удобрения и кормовые добавки, ядерное и ракетное топливо, фармацевтические материалы.

Органическая химия — наиболее крупный раздел химической науки. Если число известных неорганических веществ исчисляется тысячами, то органических веществ известно несколько миллионов. Общеизвестно огромное значение химии полимеров. Так, еще в 1910 году С.В. Лебедев разработал промышленный способ получения бутадиена, а из него каучука.

В 1936 году У. Карозерс синтезирует «наилон», открыв новый тип синтетических полимеров — полиамиды. В 1938 году Р. Планкет случайно открывает тефлон, создавший эпоху синтеза фторполимеров с уникальной термостабильностью, создаются «вечные» смазочные масла (пластмассы и эластомеры), широко используемые космической и реактивной техникой, химической и электротехнической промышленностью. Благодаря этим и многим другим открытиям из органической химии выросла химия высокомолекулярных соединений (или полимеров).

Начавшиеся в 30-40-е годы широкие исследования фосфорорганических соединений (А.Е. Арбузов) привели к открытию новых типов физиологически активных соединений — лекарственных препаратов, отравляющих веществ, средств защиты растений и др.

Химия красителей практически дала начало химической индустрии. Например, химия ароматических и гетероциклических соединений создала первую отрасль химической промышленности, продукция которой ныне превосходит 1 млрд. тонн, и породила новые отрасли — производство душистых и лекарственных веществ.

Проникновение органической химии в смежные области — биохимию, биологию, медицину, сельское хозяйство — привело к изучению свойств, установлению структуры и синтезу витаминов, белков, нуклеиновых кислот, антибиотиков, новых средств ускорения роста растений и средств борьбы с вредителями.

Ощутимые результаты дает применение математического моделирования. Если нахождение какого-либо фармацевтического препарата или инсектицида требовало синтеза 10—20 тыс. веществ, то с помощью математического моделирования выбор делается лишь в результате синтеза нескольких десятков соединений.

Роль органической химии в биохимии трудно переоценить. Так, в 1963 году В. Виньо синтезировал инсулин, также были синтезированы окситоцин (пептидный гормон), вазопрессин (гормон обладает антидиуретическим действием), брадикинин (обладает сосудорасширяющим действием). Разработаны полуавтоматические методы синтеза полипептидов (Р. Мерифилд, 1962).

Вершиной достижений органической химии в генной инженерии явился первый синтез активного гена (Х. Корана, 1976). В 1977 году синтезирован ген, кодирующий синтез человеческого инсулина, а в 1978-м — ген соматостатина (способен угнетать секрецию инсулина, пептидный гормон).

Физическая химия объясняет химические явления и устанавливает их общие закономерности. Физическая химия последних десятилетий характеризуется следующими чертами: в результате развития квантовой химии (использует идеи и методы квантовой физики для объяснения химических явлений) многие проблемы химического строе-

ния веществ и механизма реакций решаются на основании теоретических расчетов; наряду с этим широко используются физические методы исследования — рентгеноструктурный анализ, дифракция электронов, спектроскопия, методы, основанные на применении изотопов и др.

Аналитическая химия рассматривает принципы и методы изучения химического состава вещества. Включает количественный и качественный анализ. Современные методы аналитической химии связаны с необходимостью получения полупроводниковых и других материалов высокой частоты. Для решения этих задач были разработаны чувствительные методы: активационный анализ, химико-спектральный анализ и др.

Современная химия предстает перед нами как исключительно многогранная и разветвленная система знаний, для которой характерно интенсивное развитие. Важнейшим стратегическим ориентиром этого процесса является все более тесный синтез химии как науки и химии как технологии промышленного производства.

4.3.4. Биология XX века: познание молекулярного уровня жизни. Предпосылки современной биологии.

Современная биология основывается на тех достижениях, которые были сделаны в этой науке во второй половине XIX века: создание Ч. Дарвином эволюционного учения, основополагающие работы К. Бернара в области физиологии, важнейшие исследования Л. Пастера, Р. Коха и И.И. Мечникова в области микробиологии и иммунологии, работы И.М. Сеченова и И.И. Павлова в области высшей нервной деятельности и, наконец, блестящие работы Г. Менделя, хотя и не получившие известности до начала XX века, но уже выполненные их выдающимся автором.

XX век явился продолжением не менее интенсивного прогресса в биологии. В 1900 году голландским ученым-биологом Х. де Фризом (1848-1935), немецким ученым-ботаником К.Э. Корренсом (1864-1933) и австрийским ученым Э. Чермак-Зейзенеггом (1871-1962) независимо друг от друга и почти одновременно вторично были открыты и стали всеобщим достоянием законы наследственности, установленные Менделем.

Развитие генетики после этого происходило быстро. Был принят принцип дискретности в явлениях наслед-

ственности, открытый еще Менделем; опыты по изучению закономерностей наследования потомками свойств и признаков родителей были значительно расширены. Было принято понятие «ген», введенное известным датским биологом Вильгельмом Иогансоном (1857-1927) в 1909 году и означающее единицу наследственного материала, ответственного за передачу по наследству определенного признака.

Утвердилось понятие хромосомы как структурного ядра клетки, содержащего дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) — высокомолекулярное соединение, носитель наследственных признаков.

Дальнейшие исследования показали, что ген является определенной частью ДНК и действительно носителем только определенных наследуемых свойств, в то время как ДНК - носитель всей наследственной информации организма.

Развитию генетики способствовали в большой мере исследования известного американского биолога, одного из основоположников этой науки, Томаса Ханта Моргана (1866-1945). Он сформулировал хромосомную теорию наследственности. Большинство растительных и животных организмов являются диплоидными, т.е. их клетки (за исключением половых) имеют наборы парных хромосом, однотипных хромосом от женского и мужского организмов. Хромосомная теория наследственности сделала более понятными явления расщепления в наследовании признаков.

Важным событием в развитии генетики стало открытие мутаций — возникающих внезапно изменений в наследственной системе организмов и потому могущих привести к устойчивому изменению свойств гибридов, передаваемых и далее по наследству. Своим возникновением мутации обязаны либо случайным в развитии организма событиям (их обычно называют естественными или спонтанными мутациями), либо искусственно вызываемым воздействиям (такие мутации часто именуют индуцированными). Все виды живых организмов (как растительных, так и животных) способны мутировать, т. е. давать мутации. Это явление — внезапное возникновение новых, передающихся по наследству свойств — известно в биологии давно. Однако систематическое изучение мутаций было начато голландским ученым Хуго де Фризом, установившим и

сам термин «мутации». Было обнаружено, что индуцированные мутации могут возникать в результате радиоактивного облучения организмов, а также могут быть вызваны воздействием некоторых химических веществ.

Следует отметить первооткрывателей всего того, что связано с мутациями. Советский ученый-микробиолог Георгий Адамович Надсон (1867-1940) вместе со своими коллегами и учениками установил в 1925 году воздействие радиоизлучения на наследственную изменчивость у грибов. Известный американский генетик Герман Джозеф Меллер (1890-1967), работавший в течение 1933-1937 годов в СССР, обнаружил в 1927 году в опытах с дрозофилами сильное мутагенное действие рентгеновских лучей. В дальнейшем было установлено, что не только рентгеновское, но и любое ионизированное облучение вызывает мутации.

Достижения генетики (и биологии в целом) за прошедшее после выхода в свет книги Дарвина «Происхождение видов» время так значительны, что было бы удивительно, если бы все это никак не повлияло на дарвиновскую теорию эволюции. Два фактора: изменчивость и наследственность, которым Дарвин придавал большое значение, получили более глубокое толкование.

Итак, дальнейшее развитие биологии и входящей в нее составной частью генетики, во-первых, еще более укрепило дарвиновскую теорию эволюции живого мира и, во-вторых, дало более глубокое толкование (соответствующее достигнутым успехам в биологии) понятиям изменчивости и наследственности, а следовательно, всему процессу эволюции живого мира. Более того, можно сказать, что успехи биологии выдвинули эту науку в ряды лидеров естествознания, причем наиболее поразительные ее достижения связаны с изучением процессов, происходящих на молекулярном уровне.

Молекулярная биология

Прогресс в области изучения макромолекул до второй половины нашего века был сравнительно медленным, но благодаря технике физических методов анализа, скорость его резко возросла.

У. Астбери ввел в науку термин «молекулярная биология» и провел основополагающие исследования белков и ДНК. Хотя в 40-е годы почти повсеместно господствова-

ло мнение, что гены представляют собой особый тип белковых молекул, в 1944 году О. Звери, К. Маклеод и М. Маккарти показали, что генетические функции в клетке выполняет не белок, а ДНК. Установление генетической роли нуклеиновых кислот имело решающее значение для дальнейшего развития молекулярной биологии, причем было показано, что эта роль принадлежит не только ДНК, но и РНК (рибонуклеиновой кислоте).

Расшифровку молекулы ДНК произвели в 1953 году Ф. Крик (Англия) и Д. Уотсон (США). Уотсону и Крику удалось построить модель молекулы ДНК, напоминающую двойную спираль.

Наряду с изучением нуклеиновых кислот и процессом синтеза белка в молекулярной биологии большое значение с самого начала имели исследования структуры и свойств самих белков. Параллельно с расшифровкой аминокислотного состава белков проводились исследования их пространственной структуры. Среди важнейших достижений этого направления следует назвать теорию спирали, разработанную в 1951 году Э. Полингом и Р. Кори. Согласно этой теории, полипептидная цепь белка не является плоской, а свернута в спираль, характеристики которой были также определены.

Несмотря на молодость молекулярной биологии, успехи, достигнутые ею в этой области, ошеломляющи. За сравнительно короткий срок были установлены природа гена и основные принципы его организации, воспроизведения и функционирования. Полностью расшифрован генетический код, выявлены и исследованы механизмы и главные пути образования белка в клетке. Полностью определена первичная структура многих транспортных РНК. Установлены основные принципы организации разных субклеточных частиц, многих вирусов, и разгаданы пути их биогенеза в клетке.

Другое направление молекулярной генетики — исследование мутации генов. Современный уровень знаний позволяет не только понять эти тонкие процессы, но и использовать их в своих целях. Разрабатываются методы генной инженерии, позволяющие внедрить в клетку желаемую генетическую информацию. В 70-е годы появились методы выделения в чистом виде фрагментов ДНК с помощью электрофореза.

В 1981 году процесс выделения генов и получения из них различных цепей был автоматизирован. Генная инженерия в сочетании с микроэлектроникой предвещают возможности управлять живой материей почти так же, как неживой.

В последнее время в средствах массовой информации активно обсуждаются опыты по клонированию и связанные с этим нравственные, правовые и религиозные проблемы. Еще в 1943 году журнал «Сайенс» сообщил об успешном оплодотворении яйцеклетки в «пробирке». Далее события развивались следующим образом.

1973 год — профессор Л. Шетлз из Колумбийского университета в Нью-Йорке заявил, что он готов произвести на свет первого «бэби из пробирки», после чего последовали категорические запреты Ватикана и пресвитерианской церкви США.

1978 год — рождение в Англии Луизы Браун, первого ребенка «из пробирки».

1997 год — 27 февраля «Нейчур» поместил на своей обложке — на фоне микрофотографии яйцеклетки — знаменитую овечку Долли, родившуюся в институте Рослин в Эдинбурге.

1997 год — в самом конце декабря журнал «Сайенс» сообщил о рождении шести овец, полученных по рослинскому методу. Три из них, в том числе и овечка Долли, несли человеческий ген «фактора IX», или кровоостанавливающего белка, который необходим людям, страдающим гемофилией, то есть несвертываемостью крови.

1998 год — чикагский физик Сиди объявляет о создании лаборатории по клонированию людей: он утверждает, что отбоя от клиентов у него не будет.

1998 год, начало марта — французские ученые объявили о рождении клонированной телочки.

Все это открывает уникальные перспективы для человечества.

Клонирование органов и тканей — это задача номер один в области трансплантологии, травматологии и в других областях медицины и биологии. При пересадке клонированного органа не надо думать о подавлении реакции отторжения и возможных последствиях в виде рака, развившегося на фоне иммунодефицита. Клонированные органы станут спасением для людей, попавших в автомобильные

аварии или какие-нибудь иные катастрофы, или для людей, которым нужна радикальная помощь из-за заболевания пожилого возраста (изношенное сердце, больная печень и т. д.).

Самый наглядный эффект клонирования — дать возможность бездетным людям иметь своих собственных детей. Миллионы семейных пар во всем мире страдают, будучи обреченными оставаться без потомков.

Расшифровка генома человека

Первоначально (в 1988 году) средства на изучение генома человека выделило Министерство энергетики США, и одним из руководителей программы «Геном человека» стал профессор Чарлз Кэнтор.

В 1990 году Нобелевский лауреат Джеймс Уотсон начал лоббирование конгресса США, и вскоре конгресс распорядился выделить сразу сотни миллионов долларов на изучение генома человека. Эти средства были добавлены к бюджету Министерства здравоохранения, отсюда они перешли в ведение дирекции сети институтов, объединенных под общим названием — Национальные институты здоровья (National Institutes of Health, сокращенно NIH). В составе NIH появился новый институт — Национальный институт исследования генома человека (NHGRI, директор Фрэнсис Коллинз).

В мае 1992 года ведущий сотрудник NIH Крэйг Вентер подал заявление об уходе и объявил о создании нового, частного исследовательского учреждения — Института геномных исследований (The Institute for Genomic Research, сокращенно — TIGR или ТИГР).

Ожидание гигантских прибылей от будущего внедрения результатов изучения геномов хорошо поняли не только в США. В ведущих странах Запада началась настоящая гонка в отношении вклада средств в исследования геномов. 3 мая 1999 года британский «Велком траст» (формально правительство Великобритании финансирует британскую часть проекта «Геном человека» через этот частный благотворительный фонд) добавил дополнительно 100 млн фунтов стерлингов (примерно 167 млн долларов) нескольким английским лабораториям, занимающимся исследованиями генома человека, из них 77 млн долларов было выделено на 1999 год Сэнгеровскому центру в Кэмбридже.

При первоначальном объявлении сроков завершения проекта в 2003 году предполагалось, что точность исследования генома составит 99,99%. Потом сроки подвинули, основываясь на том, что для биологов и медиков хватит и 90% -ной точности, зато отработать о завершении генома можно будет к концу 2000 года.

2 декабря **1999** года журнал «Nature» обнародовал данные, касающиеся крупного прорыва в исследовании генома человека: в основном усилиями английских ученых при активном участии других европейских, японских и американских лабораторий был завершен полный анализ одной из хромосом человека (правда, одной из самых маленьких) — хромосомы 22.

На этом гонка отнюдь не затихла. Как сообщил журнал «Science» со ссылкой на газету «Le Monde» от 14 мая 1999 года, французское правительство решило в этот момент «впрыснуть» дополнительно 330 млн долларов на ближайшие три года в бюджет расположенного рядом с Парижем исследовательского центра генома в Иври.

В июне 1999 года Германия, которая до этого выделяла явно недостаточное средств на исследование генома человека (всего 23 млн долларов в год, начиная с 1996 года), изменила свой подход: на ближайшие пять лет было отпущено 550 млн долларов. В ноябре — декабре 1999 года стало ясно, что ученым удалось убедить правительство увеличить ежегодные траты на исследования генома человека до 280 млн долларов.

13 июля 1999 года об увеличении выделяемых средств на работы по исследованию генома человека объявило правительство Японии.

То, что участвовавшая в начале создания международного проекта «Геном человека» Россия фактически приостановила свой вклад в него, можно рассматривать однозначно отрицательно: Россия обрекает себя в этом отношении на скатывание на уровень второстепенных государств, обреченных на экономическую зависимость в будущем от тех, кто вложил средства в эту перспективную научную область.

Описание генома человека ученым удалось получить значительно раньше планировавшихся сроков (**2005-2010** гг.). Уже в канун нового, XXI века были достигнуты сенсационные результаты в деле реализации указанно-

го проекта. Оказалось, что в геноме человека — от 30 до 40 тысяч генов (вместо предполагавшихся ранее 80—100 тысяч). Это ненамного больше, чем у червяка (19 тысяч генов) или мухи-дрозофилы (13,5 тысяч).

Расшифровка генома человека дала огромную, качественно новую научную информацию для фармацевтической промышленности. Вместе с тем оказалось, что использовать это научное богатство фармацевтической индустрии сегодня не по силам. Нужны новые технологии, которые появятся, как предполагается, в ближайшие 10-15 лет. Именно тогда станут реальностью лекарства, поступающие непосредственно к больному органу, минуя все побочные эффекты. Выйдет на качественно новый уровень трансплантология, получит развитие клеточная и генная терапия, радикально изменится медицинская диагностика и т. д.

4.3.5. Кибернетика и синергетика

Впервые термин кибернетика встречается у древнегреческого философа Платона и означает искусство управлять кораблем (искусство кормчего), а в переносном смысле - искусство управления людьми. Долгое время этим термином не пользовались. Только в 1948 г. этот термин был взят на вооружение известным американским математиком Норбертом Винером, который опубликовал книгу «Кибернетика, или управление и связь в животном и в машине».

Данная работа Винера наряду с книгой фон Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и оптимальное поведение» (1944 г.) оказались весьма продуктивными для становления электронно-вычислительной техники.

Кибернетика поставила в центр внимания такие понятия как информация, обратная связь, управление и др. На основе идей Винера удалось создать общую теорию информации и связи, применимую в самых различных областях — от физики до биологии и языкознания. В развитии теории информации важную роль сыграли также работы советских ученых А.Н. Колмогорова и А.Я. Хинчина.

В кибернетике были предприняты первые серьезные усилия по научному исследованию феномена самоорганизации. Кибернетика имела дело как с живыми, так и с техническими (построенными из неживого вещества) управляемыми и саморегулирующимися системами, т.е. с системами, в которых самоорганизация заложена изначально.

Кибернетику интересовали *гомеостатические системы*, поддерживающие свое функционирование в заданном режиме. Само понятие гомеостазиса указывает на то, что в гомеостатической системе речь может идти только о самоорганизации, направленной на достижение оптимальной структуры ее элементов. Такая идея позволяет понять факт устойчивости и сохранения систем (в том числе живых). Но с позиций гомеостазиса нельзя понять *как* возникают новые системы, причем не только в живой, но и в неорганической природе. К тому же, проблема гомеостазиса в кибернетике рассматривается с чисто функциональной точки зрения и поэтому в ней не анализируются конкретные механизмы самоорганизации.

В настоящее время считается установленным, что процессы самоорганизации (так же как, разумеется, и дезорганизации) могут происходить в сравнительно простых физических и химических средах неорганической природы. А это означает, что простейшая, элементарная форма самоорганизации имеет место уже в рамках физической и химической форм движения материи. Причем, чем сложнее форма движения материи, тем выше уровень ее самоорганизации.

Синергетика как новая парадигма самоорганизации зародилась в нашей стране. Еще в 60-х годах XX века советским ученым Б.Н.Белоусовым были начаты интересные эксперименты с так называемыми автокаталитическими химическими реакциями, которые затем были продолжены А.М. Жаботинским. Эти эксперименты показали, что наличие автокаталитических реакций значительно ускоряет процессы самоорганизации в химической форме движения. Были высказаны веские предположения, что именно автокаталитические самоорганизующиеся химические процессы послужили основой для перехода от предбиологической к биологической форме движения материи.

Позднее реакция Белоусова-Жаботинского послужило экспериментальной основой для построения математической модели самоорганизующихся процессов в бельгийской школе лауреата Нобелевской премии И.Р. Пригожина. Исследуя по преимуществу процессы самоорганизации в физических и химических системах, И.Р. Пригожин в целом ряде своих работ (часть из них переведена на русский

язык) раскрывает исторические предпосылки и мировоззренческие основания теории самоорганизации.

В 70—80-х годах XX века работы в области синергетики быстро расширились, в них включались все новые исследователи. Немецкому профессору Г. Хакену (Институт синергетики и теоретической физики в Штутгарте) удалось объединить большую международную группу ученых, создавшую серию книг по синергетике. В этих работах представлялись результаты исследований процессов самоорганизации в самых разных системах, включая и социальные.

В нашей стране разработкой теории самоорганизации на базе математических моделей и вычислительного (компьютерного) эксперимента занялась школа академика А.А. Самарского и члена-корреспондента РАН С.П. Курдюмова. Эта школа выдвинула ряд оригинальных идей для понимания механизмов возникновения и эволюции относительно устойчивых структур в нелинейных средах.

Синергетику, как новую парадигму, можно предельно кратко охарактеризовать тремя ключевыми идеями: самоорганизация, открытые системы, нелинейность.

Физика XIX века ввела понятие о необратимых процессах. Провозглашая необратимый характер физических изменений, классическая термодинамика считала, что эти изменения могут происходить лишь в сторону увеличения энтропии, а следовательно, усиления хаоса, дезорганизации материальных систем. Эти представления об эволюции физических (неорганических) систем, способных лишь к движению в сторону дезорганизации, находились в резком противоречии с самоорганизацией живых систем.

Но физика XIX столетия рассматривала лишь закрытые, изолированные от окружающей среды системы, в которых энтропия действительно имеет тенденцию к возрастанию. Такие системы «эволюционируют» в сторону термодинамического равновесия и дезорганизации - в полном соответствии со вторым началом термодинамики. Однако в наше время считается установленным, что представление прежней физики о закрытых системах схематизирует и упрощает действительность, то есть является весьма сильной идеализацией, которая реально в природе не встречается.

Во второй половине XX века в науке утвердилось представление согласно которому *открытость* системы явля-

ется неперменным условием самоорганизации. Еще до появления синергетики американский кибернетик Г. Ферстер выразил это достаточно ясно. «Термин самоорганизующаяся система», - писал он, - становится бессмысленным, если система не находится в контакте с окружением, которая обладает доступным для нее энергией и порядком и с которым наша система находится в состоянии постоянного взаимодействия, так что она умудряется как-то «жить» за счет этого окружения»³¹.

Тот факт, что для самоорганизации необходима *открытая система*, то есть система, обменивающаяся с окружающей средой веществом и энергией, ставил под сомнение универсальную справедливость выводов классической термодинамики, имеющей дело с закрытыми системами (которые изолированы от окружающей среды и которые, как уже отмечалось выше, фактически не встречаются в природе). Оказалось, что принцип Больцмана (второе начало термодинамики) в буквальном смысле не применим к системам открытого типа. Конечно, и в открытых системах может нарастать энтропия, происходить увеличение беспорядка (дезорганизации), но за счет обмена энергией с окружающей средой эти процессы могут приостанавливаться и даже приобретать обратный характер. В такого рода системах, грубо говоря, использованная, «обесцененная» энергия рассеивается в окружающей среде (а взамен поступает новая энергия из среды). Поэтому подобные системы, или структуры получили наименование «диссипативные», что в переводе с английского означает «рассеивающие». Данное понятие сыграло важную роль в становлении синергетики³².

Разработка теории диссипативных структур показало, что диссипация - это не фактор разрушения, а необходимое и важное свойство процессов самоорганизации. Именно диссипация есть необходимый процесс, способствующий выстраиванию упорядоченной структуры в нелинейной открытой среде.

Диссипативные структуры, не подчиняющиеся принципу Больцмана, связаны с совершенно другим принципом, который И.Р. Пригожин назвал «возникновение порядка через флуктуации». Как рождается порядок из хаоса (беспорядка)? - ставит вопрос И.Р. Пригожин (и этот вопрос выносит в заголовок своей основополагающей работы по синергетике, написанной в соавторстве с И. Стенгерс)³³.

С его точки зрения, **иницирующим началом самоструктурирования** нелинейной открытой среды является малая флуктуация. Под флуктуациями в синергетике понимают *случайные* отклонения величин, характеризующих систему, от средних значений. Таким образом, синергетическое понятие флуктуации оказалось тесно связанным с философской категорией случайности.

Синергетика по-новому осветила место и роль случайности в эволюции материального мира. Она опровергла тот привычный взгляд, будто случайная флуктуация несущественна, ибо маломасштабна, и в силу этого, не может определять путь развития системы. С точки зрения синергетики, в открытых нелинейных системах (а таковые типичны в мире, в котором мы живем) случайное малое воздействие - флуктуация - может приводить к весьма существенному результату. Таким образом случайность играет особую, конструктивную (можно даже сказать — креативную) роль в процессах самоорганизации, происходящих в материальном мире.

Формирование синергетики в последней четверти XX столетия оказалось в чем-то схожим со становлением кибернетики в середине этого столетия. Такая схожесть основывается на обнаруженной общности в феноменах, имеющих место в системах неживой и живой природы, а также в социальных системах. Во всех этих материальных системах имеют место процессы самоорганизации.

Вместе с тем между кибернетикой и синергетикой существует и значительное различие. Кибернетика, возникшая на рубеже 40-50-х годов XX века, претендовала на общенаучное значение в изучении процессов управления, имеющих место в некоторых неорганических (созданных человеком), биологических и социальных системах. И, надо сказать, она успешно отстояла свой общенаучный статус. Синергетика претендует сегодня на большее: она выступает уже как новое миропонимание, как основа концепций глобального и космического эволюционизма.

Итоги ушедшего столетия

На границе столетий всегда какая-то часть людей была озабочена поисками символов ушедшего времени. Вот и ныне — периодические издания дружно выделяют события, ставшие этапными и оказавшие влияние на жизнь чело-

вечества в прошедшие сто лет. Называют атомную бомбу, компьютеры и Интернет, открытие генетического кода и клонированную овечку. Если посмотреть повнимательнее и на прочие более мелкие события века, то все равно окажется, что, подводя итоги времен, люди выделяют прежде всего и чаще всего достижения науки и техники.

Известное приложение к «Независимой газете» — «НГ-Наука» в течение 2000 года проводила рейтинговые опросы читателей по четырем, как принято сегодня говорить, номинациям:

- самые выдающиеся ученые столетия;
- открытия и научные концепции (теории), в наибольшей степени повлиявшие на развитие цивилизации в XX в.;
- наиболее значимые технологии и изобретения;
- самые грандиозные реализованные технические (инженерные) проекты.

В результате, как и планировала «НГ-Наука», появился список — «Золотая сотня» науки и техники XX в., составленный по мнениям читателей.

Самые выдающиеся ученые столетия

1. Иван Павлов (теория условных и безусловных рефлексов).
2. Мария Склодовская-Кюри (работы по радиоактивности).
3. Николай Семенов (теория разветвленных химических реакций).
4. Отто Ган (деление ядра урана).
5. Альберт Эйнштейн (специальная и общая теория относительности).
6. Нильс Бор (теория строения атомов).
7. Макс Планк (квантовая теория).
8. Вольфганг Паули (принцип запрета в квантовой механике).
9. Вернер Гейзенберг (квантовая механика).
10. Поль Дирак (квантовая механика).
11. Энрико Ферми (ядерная и нейтронная физика).
12. Эдвард Теллер (ядерные реакции).
13. Стивен Хокинг (теория излучения «черных дыр»).
14. Бенуа Мандельброт (фрактальная геометрия).
15. Фрэнсис Крик, Джеймс Уотсон (открытие двойной спирали ДНК).

16. Норберт Виннер (кибернетика).
17. Илья Пригожин (термодинамика неравновесных процессов).
18. Деннис Габор (голография).
19. Александр Фридман (модель нестационарной расширяющейся Вселенной).
20. Клод Шеннон (математическая теория информации).
21. Уильям Шокли, Джон Бардин, Уолтер Браттейн (транзисторный эффект).
22. Александр Флеминг (открытие пенициллина).
23. Анри Пуанкаре (математическая формулировка принципов специальной теории относительности).
24. Тим Бернерс-Ли (концепция Всемирной паутины — World Wide Web).
25. Кристиан Барнард (пересадка сердца человеку).
26. Петр Капица (физика низких температур).
27. Томас Морган (генетика).
28. Андрей Сахаров (работы в области термоядерного синтеза).
29. Фриц Габер (синтез аммиака).
30. Гленн Сиборг (синтез трансурановых элементов).
31. Сергей Королев (реализация советских космических программ).
32. Николай Вавилов (генетика).
33. Игорь Курчатов (создание советского атомного оружия).
34. Владимир Вернадский (теория ноосферы).
35. Владимир Ипатьев (химия высоких температур и давлений).
36. Константин Циолковский (теория космических полетов).
37. Юлий Харитон (создание советского атомного оружия).
38. Владимир Уткин (создание ракетно-космической техники).
39. Андрей Мирзабеков (секвенирование геномов).
40. Николай Басов, Александр Прохоров (работы в области квантовой электроники).
41. Уоллес Короузерс (синтез нейлона).

**Открытия и научные концепции (теории),
в наибольшей степени повлиявшие
на развитие цивилизации в XX в**

1. Специальная теория относительности.
2. Общая теория относительности.
3. Квантовая механика.
4. Транзисторный эффект.
5. Теория электрослабого взаимодействия.
6. Ноосферная концепция.
7. Теория диссипативных систем.
8. Разветвленные цепные реакции.
9. Лазерный эффект.
10. Двойная спираль ДНК.
11. Ядерный магнитный резонанс.
12. Теория иммунитета.
13. Открытие функции хромосом как носителей наследственности.
14. Экспериментальное подтверждение явления квантовой телепортации.
15. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
16. Энтропийный принцип.
17. Концепция Большого взрыва.
18. Кварковая теория строения вещества.
19. Высокотемпературная сверхпроводимость.
20. Концепция устойчивого развития.
21. Концепция «ядерной зимы».
22. Открытие эмбриональных стволовых клеток.
23. Концепция дрейфа материков.
24. Синтез трансураниевых элементов.
25. Выделения фермента теломеразы, останавливающего процесс старения клеток.
26. Закон гомологических рядов Вавилова.
27. Открытие реликтового озера Восток под трехкилометровым панцирем льда в центральной части Антарктиды.
28. Открытие групп крови.
29. Планетарная модель атома.
30. Эффект Вавилова-Черенкова (излучение света движущимся в воде электроном).
31. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.
32. Космологическая теория суперструн.

Наиболее значимые технологии и изобретения

1. Генная инженерия.
2. Интернет.
3. Клонирование млекопитающих.
4. Атомная энергетика.
5. Лазеры.
6. Компьютерные виртуальные реальности.
7. Кремниевые микрочипы.
8. Волоконно-оптическая связь.
9. Факс.
10. Мобильная телефонная связь.
11. Нанотехнологии.
12. Томография.
13. Синтез фуллеренов.
14. Телевидение.
15. Запись информации на CD- и DVD-дисках.
16. Радиолокация.
17. Термоядерный синтез.
18. Молекулярные микрочипы для расшифровки геномов.
19. Реактивная авиация.
20. Синтез пластмасс.
21. Шариковая авторучка.
22. Застежка «молния».
23. Ксерокс.
24. Акваланг.
25. Перфторан (голубая кровь) — кровезаменитель на перфторуглеродных эмульсиях.
26. Технология «чистых комнат».
27. Пузырьковая камера.
28. Ускорители элементарных частиц.
29. Роторные автоматизированные линии.

Реализованные инженерные проекты

1. «Саркофаг» (объект «Укрытие» над 4-м блоком Чернобыльской АЭС).
2. Высадка человека на Луну.
3. Проект «Вега» (исследование вещества кометы Галлея).
4. Автомат Калашникова.
5. Экспедиция марсохода «Соджорнер» (марсианская станция «Марс Пэсфайндер»).

6. Создание и испытание в СССР самой мощной водородной бомбы (50 мегатонн).
7. Космическая орбитальная станция «Мир».
8. Плотина Рогунской ГЭС (высота 355 м).
9. Пересадка человеческого сердца.
10. Первый искусственный спутник Земли.
11. Кольская сверхглубокая скважина (достигнутая глубина — более 12 тыс. м).
12. Ледокол-атомоход «Ленин».
13. Экраноплан «Монстр Каспия» (длина 100 м, размах крыльев 40 м, 10 реактивных двигателей, скорость передвижения 800 км/ч в нескольких метрах над поверхностью воды).
14. Беспилотный полет советского космического челнока «Буран».
15. Туннель под Ла-Маншем.
16. Телескоп Хаббл.
17. Программа «Геном человека».
18. Сибирский горно-химический комбинат (Красноярск-20).
19. Проект «Союз-Аполлон».
20. Здание делового центра в столице Малайзии Куала Лумпур «Петронас Твин Тауэрс», высота 452 м.
21. Останкинская телебашня — 537 м.
22. Радиовещание, начало регулярных радиопередач.
23. Первая посадка на Венеру советского космического аппарата «Венера-3».
24. Юпитерианский зонд «Галилео».
25. Система «Спэйс шаттл».
26. Ускоритель элементарных частиц — Большой адронный коллайдер в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН).
27. Газодобывающая платформа «Циклоп» в Северном море.
28. План ГОЭЛРО.

Вопросы для самоконтроля

1. Что характерно для натурфилософского понимания природы?
2. Когда и при каких обстоятельствах возникает наука?

3. Назовите основные принципы атомистического учения о природе, обоснованные Демокритом.
4. Что включает в себя космология Аристотеля?
5. Каково значение гелиоцентрической картины мира, созданной Н.Коперником.
6. Что такое научная революция? Какие научные революции в истории общества вам известны?
7. Расскажите о создании экспериментального естествознания
8. Покажите роль Галилея и Ньютона в истории естествознания.
9. Осветите роль Роберта Бойля в развитии науки XVII века.
10. В чем сущность диалектизации естествознания?
11. Покажите значение геологического и биологического эволюционизма.
12. Почему и как происходило вытеснение натурфилософских представлений из естествознания Нового времени?
13. Каковы причины крушения механистической картины мира?
14. В чем суть четвертой научной революции, предопределившей переход к неклассическому естествознанию XX века?
15. Каковы особенности развития науки в XX веке?
16. Как изменялись представления о строении атома? Назовите основные положения современной атомистики.
17. В чем особенности современных космологических представлений? Что подтверждает теорию «большого взрыва»?
18. Каковы достижения современной химии? Ее основные направления.
19. Какие важнейшие открытия были сделаны в биологии в XX веке? Что такое биотехнология?
20. Синергетика как новое миропонимание конца XX века.

Примечания

¹ Космология — учение о Вселенной.

² Чанышев А.Л. Курс лекций по древней философии. М., 1978. С.143-144.

³ Схоластика (от греч. «схоластикос» — школьный) средневековая «школьная философия», представители которой стремились рационально обосновать и систематизировать христианское вероучение.

⁴ Клавдий Птолемей (прибл. 90-168 гг. н.э.) по праву считается одним из крупнейших ученых античности. Он серьезно занимался математикой, увлекался географией, много времени посвящал астрономическим наблюдениям. Главный труд Птолемея, носивший название «Математическая система», определил дальнейшее развитие астрономии более чем на тысячелетие. В период упадка александрийской школы греческий оригинал этого сочинения был утерян. Сохранился только его арабский перевод, который много позднее, уже в XII веке, был переведен на латинский язык. Поэтому книга Птолемея дошла до нас под арабским латинизированным названием «Альмагест».

⁵ *Де Бройль Л.* По тропам науки. М., 1962. С. 9.

⁶ Цит. по: *Верная Дж.* Наука в истории общества. М., 1956. С. 223.

⁷ *Бруно Дж.* О бесконечности Вселенной и мирах. М.: ОГИЗ, 1936. С. 160.

⁸ *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. М., 1965. С.8.

⁹ *Вавилов СМ.* Исаак Ньютон. М., 1989. С. 117.

¹⁰ *Верная Дж.* Наука в истории общества. С. 266.

¹¹ В XVII-XVIII веках древнегреческий термин «атом» (неделимый) часто заменяли латинским термином «корпускула», т.е. частичка («корпускула» — уменьшительное от латинского слова «корпус» — тело).

¹² Цит. по: *Зубов В.П.* Развитие атомистических представлений до начала XIX в. М., 1965. С. 246.

¹³ Там же. С. 245-246.

¹⁴ *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 19. С. 202.

¹⁵ Там же. С.203.

¹⁶ Цит. по: *Алексеев В.П.* От животных к человеку. М., 1969. С.7.

¹⁷ Космогония — учение о происхождении и развитии Вселенной.

¹⁸ Цит. по: *Хэллем Э.* Великие геологические споры. М., 1985. С. 105.

¹⁹ Цит. по: *Холличер В.* Природа в научной картине мира. М., 1966. С. 109.

²⁰ Цит. по: *Кудрявцев П.С.* Курс истории физики. М., 1982. С.208.

²¹ *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 20. С. 353.

²² Там же. С. 304-305.

²³ Цит. по: *Бернал Дж.* Наука в истории общества. С. 265.

Сравнение с Солнечной системой было не случайно: диаметр Солнца ($1,4 \cdot 10^6$ км) почти во столько же раз меньше размеров Солнечной системы ($6 \cdot 10^9$ км), во сколько размеры ядер (10^{-12} см) меньше диаметра атома (10^{-8} см).

²⁵ Цит. по: *Парнов Е.И.* На перекрестке бесконечностей. М., 1967. С. 294.

²⁶ *Данин Д.* Нильс Бор // Известия, 22 янв. 1998. С. 5.

²⁷ Цит. по: *Дынкин А.А.* Новый этап НТР. М., 1991. С. 38.

²⁸ До этого Нобелевская премия в области физики присуждалась отечественному ученому более двадцати лет назад: в 1978 году лауреатом этой премии стал знаменитый ученый-физик, академик *П.Л. Капица* за исследования в области физики низких температур.

²⁹ Энтропия — понятие, появившееся в термодинамике и означающее меру неупорядоченности (беспорядка, хаоса) системы.

³⁰ Хаос — термин древнегреческого происхождения, ассоциировавшийся у древних мыслителей с образом темной, «зияющей» бездны. Как отмечает известный специалист по истории античной философии А.Н.Чанышев, «древнегреческое слово «хаос» происходит от глагола «хайно» — раскрываюсь, разверзаюсь. Это первичное, бесформенное состояние мира» (см.: Чанышев А.Н. Курс лекций по древней философии. М., 1981. С.110).

³¹ *Ферстер Г.* О самоорганизующихся системах и их окружении // Самоорганизующиеся системы. М., 1964. С. 116.

³² Под *диссипацией* понимаются процессы рассеивания энергии, превращение ее в менее организованные формы (например, - в тепловую энергию из-за наличия трения, вязкости и т.п.).

³³ *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М., «Прогресс», 1986.

Раздел III

ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

I Пространство и время

1.1. Развитие представлений о пространстве и времени в доньютоновский период

Пространство и время являются основными категориями в физике, ибо большинство физических понятий вводятся посредством операциональных правил, в которых используются расстояния в пространстве и времени. В то же время пространство и время относятся к фундаментальным понятиям культуры, имеют длительную историю, важное место занимают как в учениях Древнего Востока, так и в мифологии, а позднее в науке Древней Греции. Большое влияние на формирование понятий пространства и времени как научных категорий сыграла пифагорейская школа. «Вселенная втягивает из беспредельного время, дыхание и пустоту», — говорит Пифагор. Причем «пустота» у пифагорейцев не имеет такого строгого понятия как у атомистов, это — скорее, неоформленное, безграничное пространство. В этом беспредельном пространстве зародилась Единица, сыгравшая роль семени, из которого вырос весь космос. Вытягиваясь в длину, она порождает число 2, что в геометрической интерпретации означает линию; линия, вытягиваясь в ширину, порождает число 3 — плоскость; плоскость, вытягиваясь в высоту, порождает число 4 — объем. Таким образом, уже пифагорейцы, описывая космос, осознают (воспринимаемый и нами с самого раннего детства, как очевидный) факт трехмерности пространства, в котором мы живем.

Платон, развивая учение пифагорейцев о математическом начале мира, впервые в античной науке вводит понятие геометрического пространства. До Платона в античной науке пространство не рассматривалось как самостоятельная категория, отдельно от его наполнения. Платон же помещает между идеями и чувственным миром геометрическое пространство, рассматривая его как нечто среднее, «промежуточное» между ними. Пространство понимается им как «интеллигибельная материя». Если математические числа — это чисто идеальные сущности, то всевозможные математические объекты — сущности промежуточные, и получаются они путем соединения числа и материи. Сформировав впервые в истории науки философию объективного идеализма, признавая идеи — первичными сущностями (бытием), Платон тем не менее считал, что идея (единое) не может не существовать, не быть познанной без соотнесенности с другим, с материей, представляющей собой множество чувственно воспринимаемых вещей. Таким образом, Платон рассматривает три реальности: бытие — сфера идеального; возникновение — сфера чувственных вещей и пространство — не идеальное и не чувственное. Соответственно математика выполняет роль посредника между сферами чувственного и идеального бытия; геометрические же объекты являются результатами сращивания идеи с интеллигибельной материей, то есть с пространством. Платон проводит классификацию математики, делит ее на четыре части: арифметику, геометрию, геометрию, изучающую тела, имеющие три измерения, и астрономию. Так что философия Платона также использует представление о трехмерности пространства. Познать природные элементы, по Платону, это значит познать их геометрически, то есть определить их пространственное образование. Поэтому и атомы Платона, соответствующие 4 стихиям: огонь, воздух, вода и Земля, различны, ибо представляют собой различные геометрические многоугольники: атомы Земли имеют форму куба, огня — форму тетраэдра (четырехгранник), воздуха — форму октаэдра (восьмигранник), воды — форму икосаэдра (двадцатигранник). Учение Платона может быть рассмотрено как попытка геометризации мира. Характерно, что развитие современной физики своей важнейшей задачей имеет проблему геометризации физики, на основе которой

предполагается возможным построение единой теории всех физических взаимодействий. Речь об этом пойдет ниже. Здесь же уместно привести мнение одного из величайших физиков современности В.Гейзенберга: «... современное развитие физики повернулось от философии Демокрита к философии Платона. В самом деле, именно в соответствии с убеждениями Платона, если мы будем разделять материю все дальше и дальше, мы в конечном счете придем не к мельчайшим частицам, а к математическим объектам, опеределаемым с помощью симметрии, платоновским телам и лежащим в их основе треугольникам. Частицы же в современной физике представляют математические абстракции фундаментальных симметрий».

Платоново-пифагорийская научно-исследовательская программа была развита в эллинистический период в работах Клавдия Птолемея, Аполлония, Архимеда и Евклида. В главном труде Евклида — «Началах» излагаются основные свойства пространства и пространственных фигур.

В современной науке широко используется понятие евклидова пространства как плоского пространства трех измерений. Систематическое изучение пространства и пространственных фигур греками было подчинено главной цели — исследованию природы, в структуре которой воплощены геометрические принципы.

Следует отметить, что наряду с понятием пространства в Древней Греции были выработаны такие понятия как пустота и эфир. Эти понятия неразрывно связаны с представлениями о свойствах пространства, и принятие или неприятие их как основополагающих в структуре науки, существенно влияет на ход развития самой физической науки, о чем свидетельствуют катаклизмы, происходившие в физике на протяжении всего ее развития, в особенности на рубеже XIX-XX веков.

Впервые соотношение противоположностей «бытия» и «небытия» рассматривается в философии Гераклита, предметом рефлексии они становятся в философии элеатов, представителями которой являются Парменид, Зенон, Ксенофан. В их учениях выкристаллизовывается прототип будущей пустоты Демокрита. В качестве первоначала всего сущего «пустота» впервые определяется в философии атомистов. Теория Левкиппа-Демокрита — это попытка обос-

нования возможности движения. Существование пустоты постулируется ими именно в целях решения проблемы движения: движение сводится к простейшему перемещению атомов в пустоте. В учении атомистов пустота входит в качестве первоначала на равных правах с атомами. Атомы, в отличие от пустоты, это полное и твердое сущее, лишенное каких-либо внутренних различий, и поэтому неделимое, неизменное, вечное. Первоначально «пустота» имела греческое название «κενον». После изложения теории атомизма в поэтически образной форме римским ученым и поэтом Лукрецием Кара в поэме «О природе вещей» в науке укрепился латинский перевод этого понятия — «vacuum».

Одновременно в греческую науку входит и понятие «эфира», как нечто противоположного пустоте, «обнимающего все прочее». Так что понятия вакуума и эфира с самого своего возникновения соответствуют различным представлениям о состоянии мира.

В эпоху Возрождения достигается осознание взаимосвязи между механикой и геометрией, чего не было в философии древних греков. Это привело к представлению о геометрическом объекте, движущемся в пространстве с течением времени. Это, бесспорно, серьезный шаг в направлении возникновения физики как стройной системы знаний, в фундамент которой закладываются представления о пространстве и времени как исходных понятий науки. Однако каковы особенности и характерные черты этого пространства? Заполнено ли оно эфиром или является пустым? Вопрос этот не был праздным, решение его играло роль глубинной предпосылки построения в дальнейшем всего каркаса ньютоновской физики. Леонардо да Винчи и другие мыслители эпохи Возрождения вплотную подходили к формулированию принципа инерции, но не могли сделать последнего шага, так как не представляли себе движения в абсолютной пустоте, где движущееся тело не встречает никакого сопротивления. Шаг этот сделал Галилео Галилей. Не случайно, историки науки связывают именно с именем Галилея возникновение физики как самостоятельной научной дисциплины, потому что именно Галилей применил научный метод исследования, в основе которого лежал научный эксперимент с характерной для него чер-

той — идеализацией ситуации, позволяющей устанавливать точные математические закономерности явлений природы. Галилей объявил сопротивление среды несущественной стороной своих законов. Признание им существования пустоты позволило ему объяснить равные скорости падения различных тел и сформулировать **принцип инерции**. В своем труде «Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой» в «Дне втором» Галилей формулирует два основных принципа механики — **принцип инерции** и **принцип относительности**.

По существу, эти принципы описывают свойства пространства Вселенной. Окончательную формулировку оба принципа получили в механике Ньютона. И это связано с тем, что Галилеем используется представление об инерциальных круговых движениях, на этом построена вся небесная механика «Диалогов». Представление о прямолинейном инерциальном движении было развито Декартом, однако он отрицал существование пустоты. И лишь в механике Ньютона произошло объединение двух идей — идеи пустого пространства и прямолинейного инерциального движения.

Галилей вплотную подошел к созданию динамики как части механики, описывающей причины изменения состояния движения тел; он впервые связывает понятие силы с ускорением, а не со скоростью, как это было принято до него. Однако являясь приверженником нового мышления, новой методологической установки, отличной от установок Аристотеля и его последователей, он считал истинной целью естествознания не поиск причин, тем более не умоглядное выдумывание их, а строгое математическое описание их. «Сейчас неподходящее время для занятий вопросом о причинах ускорения в естественном движении (имеется в виду свободное падение тел — Авт.), по поводу которого различными философами было высказано столько различных мнений», — говорит он устами Сальвиати в книге «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей знаний». Зато он определяет кинематический закон равноускоренного движения, определяет, что путь, пройденный телом прямо пропорционален квадрату времени, в течение которого тело движется. Жизнь и творчество Галилея подготовили как в мето-

дологическом, так и в научном плане почву для свершений Исаака Ньютона, положившими начало новой эре в науке в целом и не утратившими своего непреходящего значения в наши дни. Однако для более полного представления о том, какую роль в физике Ньютона играют понятия пространства и времени, необходимо рассмотреть точку зрения на эти понятия еще одного выдающегося мыслителя Нового времени Рене Декарта.

Основная задача, поставленная Декартом, — математизация физики, точнее ее геометризация по типу евклидовой геометрии. Изучение физического мира возможно только с помощью математики. «Из всех, кто когда-либо занимался поиском истины в науках, только математикам удалось получить некие доказательства, то есть указать причины, очевидные и достоверные», говорит он в «Рассуждении о методе». Следовательно и физика должна опираться на небольшое число аксиом, из которых дедуктивно выводится упорядоченная последовательность выводов, обладающих той же степенью достоверности, что и первичные аксиомы. Объективный мир, по Декарту, не что иное как материализованное пространство или воплощенная геометрия. Из тождественности материи и пространства Декарт делает вывод о бесконечной делимости материи и, следовательно, о несуществовании неделимых атомов и пустоты. В мире не существует пустого пространства, ибо в этом случае существовала бы нематериальная протяженность. Протяженность материальна, следовательно, пространство заполнено субстанцией. Форма тел сводится к протяженности, масса сводится к геометрическому пространственному объему тела, индивидуальность которого проявляется только в движении. Разграничение собственно тела и пространства представляется следствием различных скоростей частей пространства. Итак, фундаментальными свойствами материи являются протяженность и движение в пространстве и во времени. И эти свойства могут быть строго описаны математически. «Дайте мне протяженность и движение, и я построю Вселенную», — таков основной тезис Декарта. Отрицая пустоту, Декарт постулирует существование эфира. Позиция Декарта как геометра физики предпослала создание им новой области математики — аналитической геометрии. Он вводит координатную систему, известную

как декартова система координат, а также представление о переменной величине. Иными словами, в математику проникает движение, что само по себе подготавливает почву для возникновения дифференциального и интегрального исчисления.

Следует сказать, что Декарт выделяет два основных акта мышления, с помощью которых можно получать новое знание без риска впасть в заблуждение — это интуиция и дедукция. Опираясь на интуицию надежнее всего, потому что интуиция — это то, что запечатлено богом в нашей душе. Бог является хорошим математиком, и при сотворении мира он, бесспорно, пользовался хорошо продуманным математическим планом. Именно поэтому интуиция — более надежное знание, на основании которого с помощью дедукции возможно получение строгих и не менее достоверных выводов. Причем бог не просто создал мир, но и каждое мгновение обеспечивает его существование. Конечно, доказательство существования бога Декартом — типичное явление для культуры того времени. Тем не менее, именно теологические посылки приводят Декарта к формулированию принципа инерции и закона сохранения количества движения, которые, согласно Декарту, являются проявлениями абсолютного совершенства бога. Принцип инерции, согласно которому, «каждая частица материи продолжает находиться в одном и том же состоянии, пока столкновение с другими частицами не вынуждает ее изменить это состояние» и что «каждая частица тела по отдельности всегда стремится продолжать свое движение по прямой линии», является результатом во-первых, неизменности бога и, во-вторых, непрерывности действия бога. Из неизменности бога следует и сохранение количества движения, ибо «если предположить, что с самого момента творения он вложил во всю материю определенное количество движения, то следует предположить, что он всегда сохраняет его в таких же размерах».

1. 2. Пространство и время в классической механике Ньютона

Натурфилософия Ньютона представляет собой синтез различных методологических установок его предшественников в единую целостную концепцию: идея пустого про-

странства связывается с идеей инерциального прямолинейного движения (Галилей, Декарт); аристотелевская концепция непрерывного пространства и непрерывного времени связывается с платоновским идеалом описания движения как всеобщего отношения; в основу иерархического строения вещества кладется атом Демокрита, который в Новое время рассматривается уже как экспериментально исследуемая частица. Любая вещь считается составленной из атомов и может быть разложена на свои составляющие.

Представление о пустоте у Ньютона связывается с существованием абсолютного пространства: «Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему остается всегда одинаковым и неподвижным». Ньютон определяет также и абсолютное, истинное математическое время: «Абсолютное, истинное математическое время само по себе и самой своей сущности, безо всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью». «Время и пространство представляют собой как бы вместительности самих себя и всего существующего. Во времени все располагается в смысле порядка последовательности, в пространстве — в смысле порядка положения. По самой своей сущности они есть места, приписывать же первичным местам движения нелепо. Вот эти-то места и суть места абсолютные, и только перемещения из этих мест составляют абсолютные движения...». Ньютон подчеркивает, что само по себе движение имеет относительный характер, «относительное движение тела может быть и произведено и изменено без приложения сил к этому телу», то есть в зависимости от системы отсчета, относительно которой это движение рассматривается. При этом система отсчета должна обязательно либо покоиться, либо двигаться равномерно и прямолинейно по отношению к абсолютному пространству. В механике Ньютона работает принцип относительности Галилея, о чем речь пойдет несколько ниже. Понятие силы Ньютон вводит в качестве абсолютного элемента. Истинное абсолютное движение, в отличие от относительного, «не может ни произойти, ни измениться иначе, как от действия сил, приложенных непосредственно к движущемуся телу». Ньютон дает также динамическую трактовку массы тела, как индивидуальной характеристи-

ки тела по отношению к нетождественному **ему пустому** пространству. То есть понятия «силы» и «массы» у Ньютона — это как бы «надпространственные» понятия. Сам факт введения Ньютоном пространства пустого, постулирование им абсолютного пространства было продиктовано трудностями, возникшими при объяснении движения тел в неинерциальных системах отсчета, с невозможностью объяснения наличия сил инерции в системах отсчета, движущихся с ускорением, взаимодействием тел. (Вспомните, что вы чувствуете, если внезапно затормозится трамвай, в котором вы едете, или что вы испытываете, находясь на вращающейся карусели? В трамвае вам кажется, что вас кто-то толкает в направлении движения. На карусели возникает чувство, что вот-вот вас с карусели сбросит в направлении от центра. В обоих примерах вам кажется, что на вас действует сила, хотя вы не можете указать, результатом взаимодействия каких тел является эта сила. Ньютон сам проделывал опыт с вращающимся ведром с водой. При определенной скорости движения ведра при прохождении им верхней точки окружности дном вверх вода из ведра не только не выливалась, но и образовывала вогнутый мениск, стремясь как можно дальше отойти в направлении от центра окружности). Эту-то непонятную силу Ньютон назвал силой инерции и считал ее происхождение следствием ускоренного движения тел по отношению к пустому месту — абсолютному пространству. Введение же абсолютного времени, то есть времени, не зависящего от движения, основывается на постулате о мгновенном распространении взаимодействий в пустоте, что явилось основой построения Ньютоном теории тяготения. Следует сказать, что в доньютоновский период большинство попыток построения теории тяготения основывалось на использовании представления об эфире. Известно, что и Ньютон пытался объяснить тяготение наличием эфира. Однако в конце концов Ньютону удается построить стройную теорию, связывающую механику Галилея и законы движения планет Кеплера, основывающуюся на идее пустого пространства и мгновенной скорости передачи взаимодействий на любые сколь угодно дальние расстояния. Тем самым Ньютон формулирует в науке принцип дальнедействия.

Механика Ньютона, развитая в работах Д'Аламбера, Лагранжа, Лапласа, Гамильтона, Якоби и др. получает стройную завершенную форму, зиждищуюся на принципах, определяющих научную картину мира того времени, называемую механистической научной картиной мира. В ряде ее принципов следующие:

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

2. Детерминированность поведения физического объекта (строгая однозначная причинно-следственная связь между конкретными состояниями объекта);

3. Обратимость всех физических процессов.

4. Редукционизм и элементаризм. Механистическая концепция целого и части.

Принципы эти являются следствием представлений о непрерывном пустом пространстве и непрерывном времени, в которых выделено индивидуальное тело. Себетожественность движущегося тела гарантируется непрерывным изменением координат и непрерывным изменением времени. Благодаря этому континуалистскому, берущему начало из физики Аристотеля, взгляду, позволяющему одновременно зарегистрировать существование тела и определить его скорость в каждой точке интервала между одним положением и другим, делается вывод о том, что перед нами одно и то же тело, само себе тождественное. Континуалистская методология явилась основой для возникновения дифференциального и интегрального исчисления в Новое время (Ньютон, Лейбниц). Из непрерывности состояний себетожественного физического объекта вытекает существование дифференциальных уравнений, с помощью которых, зная начальные условия, можно с абсолютной достоверностью предсказать все последующее движение тела. Интегрирование дифференциальных уравнений сводится к вычислению траекторий движения частицы, которые дают полное описание поведения частицы как в прошлом, настоящем, так и в будущем, то есть характеризуются свойствами **детерминированности** и **обратимости**. Достаточно задания начальных условий и уравнений движения тела, чтобы получить полное описание движения частицы. Собственно, основной задачей механики является определение траектории движения тела, то есть установления строгой причинной за-

висимости координат (положения тела в пространстве) в зависимости от времени.

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

Представления об иерархическом строении вещества и о себестождественности физического объекта сформировали механистическую концепцию части и целого в ньютоновской физике, в основе которой лежат принцип редукционизма и элементаризма. Можно выделить три основных момента этой концепции:

- а) целое рассматривается как простое соединение элементов. Возможно разложение, разделение целого на его элементы, то есть редукция сложного к простому;
- б) элементы целого рассматриваются как неизменяющиеся, простые, неделимые;
- в) элемент внутри и вне целого один и тот же. Это формирует представление об объекте познания как самостоятельной сущности с присущими ему характеристиками и свойствами, не зависящими от условий познаний, а тем более от познающего его субъекта.

Заложенная Ньютоном в основания его физики идеология адекватно служила целям науки на протяжении длительного периода вплоть до начала двадцатого столетия. Пространство и время в его теории играют роль строительного каркаса, поддерживающего все стройное здание классической физики. Принятие Ньютоном пустоты формирует концептуальные основания физической науки. Абсолютное пространство и абсолютное время предстают в механике Ньютона как нечто, отличное от материи, и, бесспорно, противоположное эфиру. Однако впоследствии этим понятиям предстояло «материализоваться» в теориях, исходивших как раз из представлений о «неподвижном» эфире. Следует сказать, что наука удерживала оба понятия — и понятие пустого пространства и понятие эфира вплоть до возникновения теории относительности Эйнштейна. Теория относительности, а впоследствии квантовая теория поля привели к отрицанию эфира и наполни-

ли иным содержанием само понятие вакуума. Однако это оказалось возможным вследствие критического анализа и пересмотра основ ньютоновских принципов, с одной стороны, и теорий, опирающихся на концепцию эфира, с другой. Тем не менее, концепция эфира сыграла немаловажную роль в развитии такого физического понятия как **поле**.

1.3. Дальнедействие и близкое действие.

Развитие понятия «поля»

В механике Ньютона тела взаимодействуют на расстоянии, и это взаимодействие происходит мгновенно. Именно эта мгновенность передачи взаимодействий и обуславливает ненужность какой-либо среды и утверждает **принцип дальнедействия**. Известно, что Декартом развивалась противоположная точка зрения на природу взаимодействий, согласно которой материя взаимодействует с материей лишь при непосредственном соприкосновении. Таким агентом, передающим взаимодействия от тела к телу, являются частички эфира. Эфир трактуется Декартом как тончайшая жидкость, безграничной протяженности, существующей повсюду, — как в порах тел, так и вне их, как подвижный, текучий, непрерывный. Последователем Декарта стал голландский математик и физик Христиан Гюйгенс. Известны два альтернативных взгляда на природу света — корпускулярная точка зрения, отстаиваемая Ньютоном, согласно которой свет — поток частиц, корпускул. И точка зрения Гюйгенса о волновой природе света, согласно которой свет — это волна, распространяющаяся в упругой механической среде, которая есть светоносный эфир. Наряду со светоносным эфиром, для объяснения электрических свойств тел Бенджамином Франклином вводится понятие электрического эфира, а Францем Эпинусом — понятие о магнитной жидкости. Как писал Кельвин: «Многие труженики и мыслители помогли выработать в XIX в. понятие «плenums» — одного и того же эфира, служащего для переноса света, теплоты, электричества и магнетизма». Тем не менее, идея абсолютного пустого пространства одерживает, благодаря авторитету Ньютона, победу над концепцией эфира вплоть до начала XIX века. И лишь работы Юнга и Френеля по изучению явлений ин-

терференции и дифракции света (явления интерференции и дифракции сами по себе свидетельствуют именно о волновой природе света) приводят к возрождению концепции светоносного эфира и тут же наталкиваются на весьма серьезные затруднения, состоящие в установлении поперечности световых волн. Если световые волны понимать как упругие механические волны, распространяющиеся в эфире, то в случае их поперечности эфир должен быть твердым телом¹.

Гипотеза упругих колебаний эфира на повестку дня выносила вопрос: неподвижен ли сам эфир или же он движется? Если он движется, то увлекается ли движущимися телами? Для спасения эфира были предприняты попытки различных ученых, которые привели к трем концепциям природы эфира, высветив тем самым конкретные пути для разрешения вопроса о существовании эфира как такового. Первая из них определяла эфир как неподвижную среду, не увлекающуюся движущимися телами. Вторая гласила о полном увлечении эфира движущимися телами, вследствие чего различные слои эфира должны иметь различные скорости. И, наконец, третья точка зрения, высказанная Френелем, о частичном увлечении эфира движущимися телами. Проблемная ситуация в физической теории тотчас же стимулировала постановку экспериментов, в ряду наиболее блистательных из которых являются опыт Физо и опыт Майкельсона. Однако проблема казалась неразрешимой, ибо результаты опытов Физо свидетельствовали о частичном увлечении эфира, результаты опытов Майкельсона — о полном увлечении эфира, явление же аберрации света указывает на то, что если эфир существует, то он неподвижен. Все точки зрения, базирующиеся на динамических теориях эфира, оказались несостоятельными и были опровергнуты специальной теорией относительности Эйнштейна, подготовив тем не менее необходимую почву для ее возникновения.

Хотя гипотеза эфира была устранена наукой XX века, она оставила несомненно важный след в формировании физических понятий. Ведь принятие эфира — это, по существу, принятие точки зрения близкодействия — передачи взаимодействия от одной точки эфира к другой, что привело в исследованиях Фарадея и Максвелла к выработке понятия поля.

Фарадей принимает электрическое действие на расстоянии, однако не на основе ньютоновского взаимодействия, а посредством силовых линий, которые соединяют друг с другом частицы. Таким образом, взаимодействие рассматривается через колебания высокого порядка в силовых линиях, приобретающих в теории Фарадея реальный статус. В механике Ньютона сила, а тем более линия действия силы не рассматривались в качестве материально протяженной субстанции, и новый взгляд Фарадея наполнил пустое пространство Ньютона непрерывной совокупностью материальных субстанций — силовым полем (хотя в современной физической теории силовые линии не имеют того статуса, которое придавал им Фарадей, а служат для наглядной иллюстрации полей). Развивая взгляды Фарадея, Максвелл в своей работе «Динамическая теория поля» пишет: «Теория, которую я предлагаю может быть названа теорией электромагнитного поля, потому что имеет дело с пространством, окружающим электрические и магнитные тела, и она может быть также названа динамической теорией, поскольку она допускает, что в этом пространстве имеется материя, находящаяся в движении, посредством которой и производятся наблюдаемые электро-магнитные волны». Таким образом, у Максвелла мы находим констатацию существования поля как реальности и одновременно признание им материальной среды — эфира. Иными словами, поле он рассматривает как возбужденное состояние эфира. В дальнейшем поле как реальность наделяется теми же характеристиками, что и вещество — энергией, массой (введено Дж. Томсоном), импульсом (определенным из опытов по измерению давления света П.Н. Лебедевым). К началу XX века физика изучает материю в двух ее проявлениях — **веществе** и **поле**. Обе эти модификации рассматриваются как равноправные, обе обладают такими характеристиками как энергия, масса, импульс. Частицам вещества приписываются такие свойства как дискретность, конечность числа степеней свободы, в то время как поле характеризуется непрерывностью распространения в пространстве, бесконечным числом степеней свободы. Структура электромагнитного поля резюмируется в семи уравнениях Максвелла. Эти уравнения отличаются от уравнений механики. Уравнения механики применимы к областям

пустого пространства, в которых присутствуют частицы. Уравнения же Максвелла применимы для всего пространства независимо от того присутствует там вещество (в том числе, заряженные тела), иными словами, позволяют проследить изменения поля во времени в любой точке пространства, то есть получить уравнение электромагнитной волны. Уравнения Максвелла позволяют описывать все известные электрические и магнитные явления. Тот факт, что семь уравнений Максвелла увязывают воедино большое число физических законов, да к тому же имеют простую изящную симметричную форму, по сей день вызывает истинное эстетическое восхищение физиков. Людвиг Больцман высказался по поводу уравнений Максвелла словами Фауста (Гете «Фауст»: «Начертан этот знак не бога ли рукой!»). Исходя из своих уравнений, после ряда преобразований Максвелл устанавливает, что электромагнитные волны распространяются с той же скоростью, что и свет, и приходит к выводу о том, что свет — это электромагнитная волна, что было позднее, уже после смерти Максвелла, экспериментально подтверждено Г. Герцем.

Поле возникает как развитие идеи эфира, утверждая принцип близкодействия, отвергая представления о пустоте, о вакууме. Интересно следующее обстоятельство: дальнейшая судьба этих понятий приводит к отрицанию существования эфира и свяжет представление о вакууме с наинизшим энергетическим состоянием уже квантованного поля (поля как совокупности виртуальных частиц). Идея же абсолютного пространства свяжется с представлением о неподвижном эфире как об абсолютной системе отсчета. Однако специальная теория относительности лишит эфир его основного механического свойства — абсолютного покоя. Ибо, по словам Эйнштейна, «... введение «светоносного» эфира окажется измышлением, поскольку в специальной теории относительности не вводится «абсолютно покоящееся пространство», наделенное особыми свойствами». И эфир, изгоняясь из физической теории, унесет с собой концепцию дальнедействия и концепции абсолютного пространства и абсолютного времени. Казалось бы, что все предвещало обратную картину! Вот таковы коллизии развития и соперничества различных научных гипотез, взаимовлияние их, когда каждая из соперниц вносит свое кон-

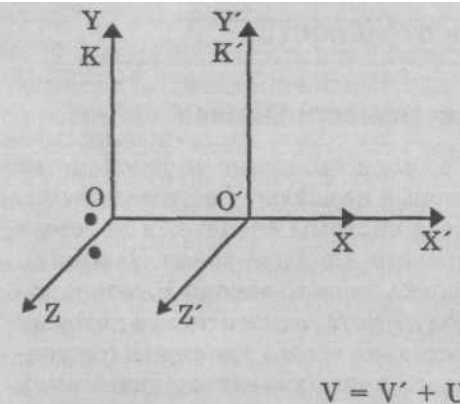
структивное зерно в противоположную точку зрения, обогащая ее и формируя общее русло идей и направлений в развитии науки.

I Принципы относительности

2.1. Принцип относительности Галилея

Принцип инерции Галилея выделяет определенный класс систем отсчета, которые называют инерциальными. Инерциальными являются системы отсчета, в которых выполняется принцип инерции (первый закон Ньютона). Общепринятая формулировка первого закона Ньютона такова: **Существуют системы отсчета, относительно которых всякое тело сохраняет состояние своего движения (состояние покоя или равномерного прямолинейного движения), пока действие всех тел и полей на него компенсировано.** Если мы имеем хотя бы одну такую инерциальную систему отсчета, то всякая другая система отсчета, которая движется относительно первой **равномерно и прямолинейно**, также является инерциальной. **Все другие системы отсчета называются неинерциальными. Оговоримся** прежде всего, что под системой отсчета **понимается тело отсчета**, относительно которого рассматривается движение, связанная с телом отсчета система координат (**например, декартова** система координат, состоящая из трех взаимоперпендикулярных пространственных координатных осей), и заданный способ определения времени. Для отличия вводимых позже координатных систем выберем инерциальную систему отсчета (в которой выполняются законы Ньютона) и условно назовем ее покоящейся системой отсчета К. Рассмотрим другую инерциальную систему отсчета К', движущуюся относительно К равномерно и прямолинейно со скоростью U , причем оговоримся, что эта скорость много меньше скорости света. Пусть оси X и X' обеих рассматриваемых систем отсчета совпадают, а оси Y и Y' ; Z и Z' соответственно параллельны. (Мы всегда можем повернуть в пространстве соответствующим образом системы координат). Таким образом, система К' движется со скоростью

У относительно К вдоль оси X. Положение некоторой точки (тела) в системах отсчета выражается значениями декартовых координат в соответствующих системах отсчета. Легко видеть, что между ними имеется следующая зависимость:



$$\begin{aligned} X &= X' + Ut \\ Y &= Y' \\ Z &= Z'. \end{aligned} \quad (1)$$

Если мы возьмем производную по времени от координат, то найдем выражение, связывающее скорости движения тела относительно обеих систем отсчета:

$$V = V' + U. \quad (2)$$

Скорость относительно неподвижной системы отсчета складывается из скорости относительно подвижной системы отсчета и скорости самой системы отсчета.

Если теперь возьмем производную по времени от правой и левой части уравнения (2), то найдем выражение, связывающее ускорения тела относительно обеих систем отсчета. Так как система К' движется равномерно и прямолинейно относительно К, и скорость U является постоянной величиной, то производная от U по времени равна 0, и мы получаем:

$$a = a'. \quad (3)$$

Уравнения (1), (2), (3) называются преобразованиями Галилея и описывают, как связаны между собой кинематические параметры движения тела при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую.

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

Мы намеренно в формулировке употребили более широкое определение, говоря обо всех физических явлениях, хотя первоначально принцип относительности Галилея относился лишь к механическим явлениям. Однако не следует забывать, что существующая вплоть до XX века механистическая картина мира ставила своей задачей сведение всех физических явлений к механическим. А развитие физики нашего столетия распространило принцип относительности Галилея на все физические явления.

Попробуем критически взглянуть на проделанные нами процедуры при получении преобразований Галилея. Беря производные по времени от кинематических параметров, мы рассматривали изменения этих величин за бесконечно маленькие промежутки времени. При этом нам представлялось само собой разумеющимся, что эти бесконечно маленькие промежутки времени, равно как и любые промежутки времени, одинаковы в обеих системах отсчета. Желая описать движение какого-либо тела, то есть получить уравнение зависимости координат тела от времени, мы некритически оперируем понятием времени. И так было вплоть до создания теории относительности Эйнштейна. Все наши суждения, в которых время играет какую-либо роль, всегда являются суждениями об одновременных событиях. А отсюда — два следствия, неявно присутствующие в наших рассуждениях: во-первых, что «правильно идущие часы» идут синхронно в любой системе отсчета; во-вторых, что временные интервалы, длительность событий одинакова во всех системах отсчета, что и выражено еще одним уравнением в преобразованиях Галилея, согласно которому

$$t = t^*. \quad (4)$$

Иными словами, мы пользуемся ньютоновским истинным математическим временем, протекающим независимо от чего-либо, независимо от движения.

Таким образом, преобразования Галилея отражают наше обыденное представление об инвариантности (неизменности) пространственных и временных масштабов при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую. Действительно, скажем, длина тела в системе К

$$L = X_1 - X_2;$$

в системе К'

$$L' = X'_1 - X'_2.$$

Легко видеть, что $L = L'$. Из уравнения (4) получаем, что $t = \Delta t'$.

Рассмотрим теперь неинерциальные системы отсчета. Система отсчета, которая движется относительно инерциальной системы отсчета с ускорением, является неинерциальной. Как следует из принципа относительности Галилея, никакими опытами, проведенными в инерциальной системе отсчета, невозможно установить, покоится ли она или движется равномерно или прямолинейно, то есть движение инерциальной системы отсчета не влияет на ход протекающих в ней физических процессов. В неинерциальных системах отсчета это не так: всякое ускорение системы сказывается на происходящих в ней явлениях. Таким образом, на неинерциальные системы отсчета принцип относительности Галилея не распространяется, и законы Ньютона в них не выполняются. Можно попытаться использовать законы Ньютона для описания движения тел и в неинерциальных системах отсчета. Для этого вводят дополнительные силы — силы инерции, равные произведению массы тела на ускорение системы отсчета, но при этом направленные противоположно ускорению системы отсчета.

$$F = -ma.$$

Принципиальное различие между силами инерции и обычными силами взаимодействия состоит в том, что для сил инерции нельзя конкретно указать, мерой какого взаимодействия они являются.

2.2. Принцип наименьшего действия

В XVIII веке происходит дальнейшее накопление и систематизация научных результатов, отмеченные тенденцией объединения отдельных научных достижений в строго упорядоченную, связную картину мира с помощью систематического применения методов математического анализа к исследованию физических явлений. Работа многих блестящих умов в этом направлении привела к созданию базисной теории механистической исследовательской программы — аналитической механики, на основе положений которой были созданы различные фундаментальные теории, описывающие конкретный класс конк-

ретных явлений: гидродинамика, теория упругости, аэродинамика и т. д. Одним из важнейших результатов аналитической механики является принцип наименьшего действия (вариационный принцип), имеющий важное значение для понимания процессов, происходящих в физике конца XX века.

Корни возникновения вариационных принципов в науке уходят в Древнюю Грецию и связаны с именем Герона из Александрии. Идея любого вариационного принципа состоит в том, чтобы варьировать (изменять) некоторую величину, характеризующую данный процесс, и отбирать из всех возможных процессов тот, для которого данная величина принимает экстремальное (максимальное или минимальное) значение. Герон попытался объяснить законы отражения света, варьируя величину, характеризующую длину пути, проходимым лучом света от источника к наблюдателю при отражении его от зеркала. Он пришел к выводу, что из всех возможных путей луч света выбирает кратчайший (из всех геометрически возможных).

В XVII веке, спустя две тысячи лет, французский математик Ферма обратил внимание на принцип Герона, распространил его для сред с различными показателями преломления, переформулировав его в связи с этим в терминах времени. Принцип Ферма гласит: в преломляющей среде, свойства которой не зависят от времени, световой луч, проходя через две точки, выбирает себе такой путь, чтобы время, необходимое ему для прохождения от первой точки ко второй, было минимальным. Принцип Герона оказывается частным случаем принципа Ферма для сред с постоянным коэффициентом преломления.

Принцип Ферма привлек пристальное внимание современников. С одной стороны, он как нельзя лучше свидетельствовал о «принципе экономии» в природе, о рациональном божественном замысле, реализованном в устройстве мира, с другой — он противоречил ньютоновской корпускулярной теории света. Согласно Ньютону получалось, что в более плотных средах скорость света должна быть больше, в то время как из принципа Ферма вытекало, что в таких средах скорость света становится меньшей.

В 1740 году математик Пьер Луи Моро де Мопертюи, критически анализируя принцип Ферма и следуя теоло-

гическим мотивам о совершенстве и наиболее экономном устройстве Вселенной, провозгласил в работе «О различных законах природы, казавшихся несовместимыми» принцип наименьшего действия. Мопертюи отказался от наименьшего времени Ферма и ввел новое понятие — действие. Действие равняется произведению импульса тела (количества движения $P = mV$) на пройденный телом путь. Время не имеет какого-либо преимущества перед пространством, равно как и наоборот. Поэтому свет выбирает не кратчайший путь и не наименьшее время для его прохождения, а согласно Мопертюи, «выбирает путь, дающий более реальную экономию: путь, по которому он следует, — это путь, на котором величина действия минимальна». Принцип наименьшего действия в дальнейшем был развит в работах Эйлера и Лагранжа; он явился основой, на которой Лагранж развил новую область математического анализа — вариационное исчисление. Дальнейшее обобщение и завершённую форму этот принцип получил в работах Гамильтона. В обобщённом виде принцип наименьшего действия использует понятие действия, выраженного не через импульс, а через функцию Лагранжа. Для случая одной частицы, движущейся в некотором потенциальном поле, функция Лагранжа может быть представлена как разность кинетической и потенциальной энергии:

$$L = E_{\text{кин.}} - E_{\text{пот.}}$$

(Понятие «энергия» подробно обсуждается в главе 3 настоящего раздела.)

Произведение $L\Delta t$ называется элементарным действием. Полным действием называется сумма всех значений $L\Delta t$ на всем рассматриваемом интервале времен, иными словами, полное действие A :

$$A = \int L \cdot dt.$$

Уравнения движения частицы могут быть получены с помощью принципа наименьшего действия, согласно которому реальное движение происходит так, что действие оказывается экстремальным, то есть его вариация обращается в 0:

$$\delta A = 0.$$

Вариационный принцип Лагранжа-Гамильтона легко допускает распространение на системы, состоящие из не-

скольких (множества) частиц. Движение таких систем обычно рассматривают в абстрактном пространстве (удобный математический прием) большого числа измерений. Скажем, для N точек вводят некоторое абстрактное пространство $3N$ координат N частиц, образующих систему, называемую конфигурационным пространством. Последовательность различных состояний системы изображается кривой в этом конфигурационном пространстве — траекторией. Рассматривая все возможные пути, соединяющие две заданные точки этого $3N$ -Мерного пространства, можно убедиться, что реальное движение системы происходит в соответствии с принципом наименьшего действия: среди всех возможных траекторий реализуется та, для которой действие экстремально по всему интервалу времени движения.

При минимизации действия в классической механике получают уравнения Эйлера-Лагранжа, связь которых с законами Ньютона хорошо известна. Уравнения Эйлера-Лагранжа для лагранжиана классического электромагнитного поля оказываются уравнениями Максвелла. Таким образом, мы видим, что использование лагранжиана и принципа наименьшего действия позволяет задавать динамику частиц. Однако лагранжиан обладает еще одной важной особенностью, что и сделало лагранжеев формализм основным в решении практически всех задач современной физики. Дело в том, что наряду с ньютоновской механикой в физике уже в XIX веке были сформулированы законы сохранения для некоторых физических величин: закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения момента импульса, закон сохранения электрического заряда. Число законов сохранения в связи с развитием квантовой физики и физики элементарных частиц в нашем столетии стало еще больше. Возникает вопрос, как найти общую основу для записи как уравнений движения (скажем, законов Ньютона или уравнений Максвелла), так и сохраняющихся во времени величин. Оказалось, что такой основой является использование лагранжева формализма, ибо лагранжиан конкретной теории оказывается инвариантным (неизменным) относительно преобразований, соответствующих конкретному рассматриваемому в данной теории абстрактному пространству, следствием чего и являются законы сохранения. Эти особенности лагранжиана-

на привели к целесообразности формулировки физических теорий на языке лагранжианов. Осознание этого обстоятельства пришло в физику благодаря возникновению теории относительности Эйнштейна.

2.3. Специальная теория относительности

А. Эйнштейна

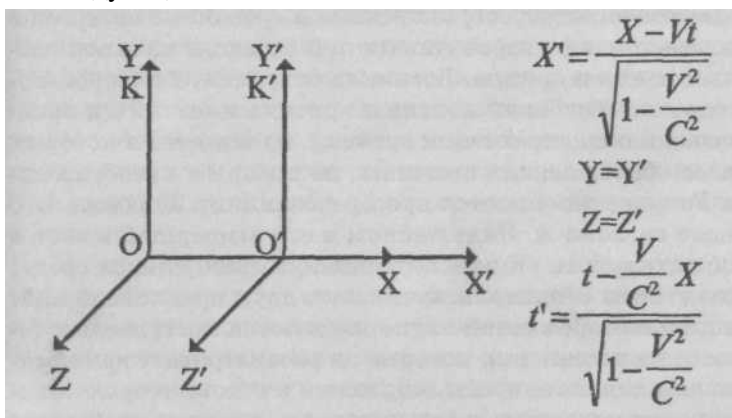
Развитие физики XIX века, казалось бы, не предвещало каких-либо резких поворотов, хотя по многим вопросам ученые не были столь уж единодушны. Это касается и той критики, которой были подвергнуты понятия и принципы ньютоновской механики со стороны многих ученых, особенно со стороны Эрнеста Маха и Анри Пуанкаре; и споры между сторонниками атомистической теории строения вещества и их оппонентами; тревогу вызывало противоречие между результатами опытов Майкельсона и Физо и явлением абберрации света; до конца не была понята природа теплового излучения. Здесь имело место резкое расхождение экспериментальных данных с теоретическими, результаты которых базировались на представлениях классической электродинамики Максвелла и классической термодинамики. Но в целом положение дел казалось очень хорошим. Это настроение ученых-физиков на рубеже XIX-XX веков как нельзя лучше выразил Дж. Томсон, высказавший мнение о том, что здание физики практически построено, не хватает лишь нескольких деталей: на ясном небосклоне имеются только два облачка. По прошествии века мы с уверенностью можем констатировать, что из этих, на первый взгляд, довольно-таки безобидных облачков не только выросла вся современная физика: первое облачко дало впоследствии жизнь теории относительности, а второе облачко — квантовой механике, но и поставленные этими теориями проблемы еще далеки от завершения. Так что работы хватит и на следующие столетия.

Первое омрачающее общую умиротворяющую картину облачко Томсон связывал с отрицательным результатом опыта Майкельсона. Кроме этого, однако, существовало еще одно чрезвычайно смущающее физиков обстоятельство: **оказалось**, что уравнения Максвелла, описывающие электромагнитное поле, оказываются неинвариантными при пе-

переходе из одной инерциальной системы в другую относительно преобразований Галилея. Следует сказать, что именно эта инвариантность и побудила новый всплеск концепций с принятием эфира, и в конечном счете — опыт Майкельсона. Несмотря на то, что сам Максвелл признавал существование эфира, электромагнитная теория Максвелла не требует существования эфира как такового. Электромагнитные колебания полностью описываются с помощью силовых характеристик электрического и магнитного полей. Тем самым, теория Максвелла вводит в рассмотрение понятие поля как исходного понятия в физике, наряду с веществом, и ослабляет значение эфира в теории. Однако тот факт, что уравнения Максвелла не удовлетворяли принципу относительности, вновь вызвал к жизни концепцию эфира как некоторой среды такой, что уравнения Максвелла справедливы только в одной, связанной с этой средой системе отсчета. Различный спектр мнений и предложений, возникших в связи с вышеуказанной коллизией «неподчинения уравнений Максвелла механическому принципу относительности», можно выразить тремя основными точками зрения. Согласно первой точке зрения, следует отказаться от уравнений Максвелла или внести в них необходимые поправки, лишь бы сделать их инвариантными относительно галилеевых преобразований. Однако уравнения Максвелла демонстрировали высочайшую степень совпадения теории с экспериментом, а все вносимые поправки оказывались неподтверждаемыми. Вторая точка зрения отстаивалась А. Пуанкаре и Г. Герцем, считавшими принцип относительности обязательным для описания не только механических явлений, но и электромагнитных. В 1890 году Герц принимает гипотезу, высказанную ранее Стоксом, о существовании эфира, полностью увлекающегося движущимися телами. Исходя из этих принципов, он находит уравнения, инвариантные по отношению к галилеевым преобразованиям координат и времени при переходе от одной инерциальной системы отсчета в другую. В частном случае покоящегося тела эти уравнения переходят в уравнения Максвелла. Герц получил «наиболее очевидное обобщение теории Максвелла на случай движущихся тел, но оно оказалось несовместимым с результатом эксперимента», ибо противоречило эксперименту Физо по распространению света в движущейся жидкости.

И, наконец, третья точка зрения, отстаиваемая Лоренцем. Известно, что Лоренц являлся сторонником атомной теории строения вещества, а после открытия в 1897 году Томсоном отрицательно заряженной частицы — электрона, он создал теорию, в которой уравнения Максвелла включают в себя идею о дискретной структуре электричества. При этом Лоренц использует гипотезу эфира, рассматривая электромагнитное поле как свойство эфира, противопоставляя его состоящему из электрически заряженных частиц веществу. Лоренцу удалось всю электродинамику покоящихся и движущихся тел свести к уравнениям Максвелла, дать на этой основе объяснение большому числу экспериментальных фактов. Но при этом он вводит абсолютно покоящуюся выделенную среди прочих систему отсчета, связанную с неподвижным эфиром, в которой только и выполняются уравнения Максвелла. Таким образом, точка зрения, отстаиваемая Лоренцем, говорила о несостоятельности самого принципа относительности. На место абсолютного пустого неподвижного ньютоновского пространства он ставит абсолютное тело отсчета — неподвижный эфир, то есть вводит привилегированную систему отсчета. Однако все имеющиеся опытные данные говорили в пользу принципа относительности, в том числе и опыт Майкельсона свидетельствовал в пользу эквивалентности всех инерциальных систем отсчета, кроме этого он устанавливал факт постоянства скорости света в любой системе отсчета. А. Эйнштейн писал, что «специальная теория относительности обязана своим происхождением этой трудности, которая, ввиду ее фундаментального характера, казалась нетерпимой». Следует сказать, что Лоренц (и ряд других физиков, среди которых Лармор, Фицджеральд и др.) предпринимал многочисленные попытки, пытаясь согласовать отрицательный результат опыта Майкельсона с идеей абсолютной системы отсчета. В том числе была выдвинута гипотеза о сокращении линейных размеров тел в направлении их движения относительно эфира. При этом Лоренц и Фицджеральд считали, что тела действительно сокращают свои размеры в направлении движения. Это сокращение должно было полностью компенсировать влияние относительного движения на скорость распространения света, почему и казалось, что скорость света остается по-

стоянной во всех инерциальных системах отсчета. Несмотря на то, что высказанная гипотеза выглядела очень искусственной и оказалась неверной, как это выяснилось впоследствии, она привела к нахождению уравнений преобразований кинематических параметров, отличных от преобразований Галилея, которые называют уравнениями Лоренца. При условии, что относительная скорость систем отсчета V велика и сравнима со скоростью света C ($V \leq C$), имеем следующее:



Очевидно, что преобразования Лоренца содержат немыслимые, с точки зрения обыденных представлений, парадоксы: кроме вышеупомянутого сокращения линейных размеров тел, движущихся вместе с системой отсчета K' относительно неподвижной системы K

$$l = l' \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}},$$

оказалось, что и длительность событий в этих системах отсчета разная. Если длительность временного интервала в системе K — Δt , а в системе K' — $\Delta t'$, то

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}.$$

Длительность $\Delta t'$ — длительность события относительно движущейся системы K' , относительно которой тело покоится. Длительность события в системе отсчета, относительно которой тело неподвижно, называется собственным временем. Собственное время $\Delta t'$ минимально. Это говорит о том, что относительно системы K интервал времени Δt оказывается большим. С этим связан парадокс близнецов, получивший большую популярность и широкое освещение в литературе. Итак, из преобразований Лоренца следовало, что пространственные и временные интервалы оказываются инвариантными при переходе из одной системы отсчета в другую. Возникла ситуация, в которой потребовались глубокий анализ и критика имеющихся представлений о пространстве и времени, на основании которых удалось бы выяснить причины, по которым преобразования Галилея заменяются преобразованиями Лоренца. Это и было сделано А. Эйнштейном в его вышедшей в свет в 1905 году работе «К электродинамике движущихся сред». Свою статью Эйнштейн начинает с двух предположений, которые в современной науке именуются постулатами теории относительности, которые он рассматривает как предпосылки для того, чтобы, «положив в основу теорию Максвелла для покоящихся тел, построить простую, свободную от противоречий электродинамику движущихся сред».

Постулаты теории относительности

1. Принцип относительности: все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета.

Лоренц отмечал по этому поводу: «Заслуга Эйнштейна состоит в том, что он первый высказал принцип относительности в виде всеобщего, строго и точно действующего закона». Следует отметить, что точки зрения об универсальности принципа относительности придерживался также А. Пуанкаре.

2. Принцип постоянства скорости света: скорость света в пустоте одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света.

В любом случае, увлекался бы эфир движущимися телами или не увлекался бы, скорость света относительно различных инерциальных систем отсчета должна была

оказаться различной. Если бы эфир увлекался движущимися телами, то скорость света относительно внешней неподвижной системы отсчета должна быть другой, чем известное значение C . Если же эфир не увлекается движущимися телами, то должна меняться скорость света относительно системы отсчета, движущейся вместе с источником света. Отрицательный результат опыта Майкельсона как раз и состоит в том, что скорость света оказывалась одинаковой по отношению к обеим системам отсчета. Положив за основу теории этот экспериментальный факт, Эйнштейн говорит о том, что введение «светоносного эфира» окажется при этом излишним, «поскольку в предлагаемую теорию не вводится «абсолютно покоящееся пространство», наделенное особыми свойствами. Скорость же света в пустоте не зависит от системы отсчета и является максимальной (верхней границей) для скорости распространения сигналов.

Исходя из постоянства скорости света, Эйнштейн подвергает критическому анализу традиционное понятие времени. Ньютоновское понятие абсолютного, универсального, равномерно текущего времени твердо укоренилось в представлениях физиков и казалось незыблемым. Следствием этого явилось некритически используемое в ньютоновской механике представление об одновременности событий. Критику абсолютного времени Ньютона Эйнштейн начинает с рассмотрения понятия одновременности двух событий, обращая особое внимание на тот факт, «что все наши суждения, в которых время играет какую-либо роль, всегда являются суждениями об одновременных событиях». Пусть в некоторой точке пространства A помещены часы, и наблюдатель, находящийся в точке A , может устанавливать время событий в непосредственной близости от A путем наблюдения одновременных с этими событиями положений стрелок часов. Пусть в другой точке пространства B помещены такие же точно часы, как в точке A , тогда в непосредственной близости от B тоже возможна временная оценка событий находящимся в B наблюдателем. Но при этом определяется только « A -время» и « B -время», но не общее для A и B «время». В классической механике принимается, что одновременность двух событий может быть установлена путем переноса часов из

точки А в точку В, при этом считается, что движение часов никаким образом не должно сказываться на их ходе. Эйнштейн указал на неочевидность последнего утверждения, на неправомерность принятия его априори. Поскольку не существует физических явлений, распространяющихся мгновенно, то без определенных предположений невозможно сравнивать во времени какое-либо событие, происходящее в А, с событием, происходящим в В. Часы в А и В будут идти синхронно, если принять, что время для прохождения света из точки А в точку В равно времени для прохождения сигнала из точки В в точку А:

$$t_B - t_A = t'_A - t'_B.$$

Если при этом предположить, что скорость света одинакова по всем направлениям, то сумма этих времен, умноженная на скорость света, должна равняться удвоенному расстоянию от точки А до точки В. Установив, что следует понимать под синхронно идущими в разных точках пространства покоящимися часами, Эйнштейн дает определения понятий одновременности и времени. Но установленная таким образом одновременность событий в одной системе отсчета не будет верна в другой, движущейся по отношению к первой. Если один наблюдатель считает одновременными два события, которые пространственно разобщены, в той системе отсчета, относительно которой он неподвижен, то другой наблюдатель, участвующий в равномерном прямолинейном движении относительно первой системы отсчета, не считает их одновременными. Так что одновременность становится понятием относительным, зависящим от наблюдателя. Таким образом, следует говорить о собственном времени каждой системы отсчета. Универсальное абсолютное ньютоновское время должно уступить место бесчисленным собственным временам различных систем отсчета. Этот, на первый взгляд, парадоксальный вывод является следствием того, что невозможно синхронизировать часы с помощью сигналов, распространяющихся со скоростью, превышающей скорость света. Наше же обыденное представление о времени, совпадающее с представлением об универсальном ньютоновском времени, — следствие того, что мы живем в мире малых скоростей, неосознанно пользуясь при этом информационными

волнами, распространяющимися со скоростями, сравнимыми со скоростью света. Если бы скорость электромагнитных волн была бы порядка обычных для нашего сознания скоростей, то гораздо раньше встал бы вопрос об одновременности событий в различных точках пространства. Эйнштейн показал, что в основе преобразований Галилея как раз и лежит произвольное допущение о том, что понятие одновременности имеет смысл независимо от состояния движения используемой системы координат.

Рассуждая таким образом и используя два указанных выше принципа (постулаты теории относительности), Эйнштейн математически вывел лоренцево сокращение движущихся тел при их наблюдении из покоящейся системы, при условии, что скорость движущегося тела $v \leq c$. Следствием лоренцева сокращения является эффект замедления времени. То же обстоятельство, что длительности событий различны в различных системах отсчета, приводит к замене галилеева правила сложения скоростей релятивистским законом сложения скоростей. Из релятивистского закона сложения скоростей следует, что сложение скорости света со скоростью источника дает во всех случаях опять-таки скорость света, тем самым скорость света в пустоте — максимальная скорость передачи взаимодействий в природе. Следует сказать, что интерпретация результатов опыта Физо без привлечения гипотезы эфира с использованием релятивистского закона сложения скоростей дает блестящее совпадение теории с экспериментом. Таким образом, изменение понятий о пространстве и времени приводит в специальной теории относительности к изменению основных принципов кинематики. Не случайно специальную теорию относительности называют кинематическим нововведением в физику. Новая кинематика, к которой пришел Эйнштейн при анализе понятий пространства и времени, совпала с преобразованиями, полученными ранее Лоренцом. Однако Эйнштейн наполняет преобразования Лоренца новым физическим содержанием. Так, если Лоренц рассматривал сокращение линейных размеров движущихся тел как действительное сокращение по отношению к неподвижному эфиру, то Эйнштейн рассматривает это сокращение как кажущееся для наблюдателя, относительно которого тело движется. Сокращение линейных размеров

тел и замедление длительности временных интервалов — это следствие различных процессов измерения, которыми пользуются различные наблюдатели в различных системах отсчета. «Вопрос о том, реально лоренцово сокращение или нет, не имеет смысла, — писал Эйнштейн. — Сокращение не является реальным, поскольку оно не существует для наблюдателя, движущегося вместе с телом; однако оно реально, так как оно может быть принципиально доказано физическими средствами для наблюдателя, не движущегося вместе с телом». Итак, два постулата принципа относительности должны быть дополнены преобразованиями Лоренца. Чтобы принцип относительности мог выполняться, необходимо, чтобы все законы физики не изменяли своего вида, были инвариантны при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую относительно преобразований Лоренца. Это одно из первых следствий, вытекающих из постулатов теории относительности, устанавливающее критерий включения физического закона в релятивистскую схему. Эйнштейн показал также, что преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея при скоростях $V \ll C$, тем самым устанавливая границы применимости классической механики для мира малых скоростей.

Преобразования Галилея основывались на гипотезе о полной независимости времени и пространства. Это приводило к тому, что пространственные и временные интервалы рассматривались по отдельности неизменными при переходе из одной системы отсчета в другую. То есть двум соседним точкам пространства ставилась в соответствии численная мера dS , выражаемая уравнением:

$$dS^2 = dX^2 + dY^2 + dZ^2.$$

dS^2 не зависит от выбора системы координат и может быть измерена единичным измерительным стержнем. Независимо от этого двум событиям ставился в соответствие временной интервал dt , также не зависящий от системы отсчета. Однако специальная теория относительности в корне изменяет сложившийся взгляд. Из самого вида преобразований Лоренца отчетливо видно, что пространственные и временные координаты больше не могут быть рассмотрены независимо. Г. Минковский, исходя из положения, что пространство и время — понятия, неотделимые друг от друга, предложил математический формализм, запись

в котором физического закона приводит к его инвариантности относительно преобразований Лоренца. Формализм Минковского использует представление о четырехмерном мире, четырехмерном пространственно-временном континууме, в котором время по своему месту в физических уравнениях эквивалентно трем пространственным координатам. Двум соседним точкам в четырехмерном пространстве-времени ставится в соответствии численная мера, называемая мировым интервалом и выражаемая уравнением:

$$dS^2 = (dX^2 + dY^2 + dZ^2) - C^2 dt^2,$$

где X , Y , Z — прямоугольные координаты, а $\sqrt{-C^2 dt^2} = \sqrt{-1} \cdot C \cdot dt$ — время, умноженное на мнимую единицу и на скорость света. Именно мировой интервал не зависит от выбора системы отсчета, остается инвариантным относительно преобразований Лоренца. Каждый наблюдатель, находящийся в своей инерциальной системе отсчета, по-своему отделяет пространство и время из четырехмерного пространственно-временного мира, но мировой интервал dS остается для каждого из них неизменным.

Специальная теория относительности — теория, которая решает две основные задачи: во-первых, приспособливает пространственно-временную метрику к уравнениям Максвелла. Это приводит к выработке новой «метрики» пространства-времени, где на смену евклидовой метрики, в которой пространства и время рассматриваются независимыми друг от друга и в которой пространственные и временные масштабы сохраняют неизменность по отдельности друг от друга в различных системах отсчета, приходит видоизмененная метрика, с пространственно-временным континуумом, называемым псевдоевклидовым пространством Минковского, в котором время эквивалентно пространственным координатам, играет роль четвертого измерения в этом континууме и в котором инвариантно относительно преобразований Лоренца является четырехмерный мировой интервал. И, во-вторых, применение этой новой «метрики» ко всей физике. Этот второй этап приводит к видоизменению ньютоновских законов движения на случай больших скоростей и к закону взаимосвязи массы тела и энергии:

$$E = mc^2.$$

В дальнейшем все известные физические законы были записаны в четырехмерном формализме Минковского, что привело к созданию новой релятивистской (relativ — относительный) физической исследовательской программы, пришедшей на смену механистической исследовательской программе.

Все упомянутые выше законы сохранения впоследствии были рассмотрены как следствия инвариантности лагранжиана при поворотах в четырехмерном континууме.

2.4. Элементы общей теории относительности

Благодаря специальной теории относительности в физике создается новый взгляд на характер физических законов, «наисовершеннейшим выражением которых считается теперь их инвариантное выражение». Несмотря на революционность специальной теории относительности, приведшей к коренному изменению наших представлений о пространстве и времени, тем не менее, возникает чувство некоторой незавершенности теории. И связано это с тем, что специальная теория относительности так же, как и классическая механика, сохраняет привилегированное положение наблюдателей, находящихся в инерциальных системах отсчета. А как быть с наблюдателями, находящимися в системах отсчета, движущихся по отношению к первым с ускорением (в неинерциальных системах отсчета)? Чем объясняется неинвариантность законов физики в неинерциальных системах отсчета? Правоммерно ли это? Подобное положение дел казалось неудовлетворительным. Эйнштейн, повторяя вопрос Э. Маха: «Почему инерциальные системы физически выделены относительно других систем отсчета?», первым обращает внимание на то, что специальная теория относительности (СТО) не дает на него ответа. Следующая проблема возникла при попытке представить в рамках СТО тяготение. Оказалось, что тяготение укладывается в рамки специальной теории относительности только в том случае, если потенциал гравитационного поля постоянен. Если же гравитационное поле переменное, то глобальная лоренц-инвариантность, в основе которой лежит однородность всех точек пространства, не работает².

Эйнштейном была выяснена причина этого: она состоит в том, что не только инертная масса зависит от энергии, но и гравитационная. Галилеем был установлен закон, согласно которому все тела падают, при отсутствии сопротивления среды, с одинаковым ускорением. Это является следствием равенства инертной и гравитационной (весомой) массы. Равенство инертной и гравитационной массы соблюдается с точностью выше одной двадцатимиллионной, что было показано в серии весьма точных опытов, проведенных Р. Этвешем. Тем не менее, это равенство не получило объяснения в физической теории. В 1908 году Эйнштейн доказывает, что каждому количеству энергии в гравитационном поле соответствует энергия, по величине равная энергии инертной массы величиной E/c^2 , и делает вывод о том, что закон этот выполняется не только для инертной, но и для гравитационной массы. Рассматривая факт равенства инертной и гравитационной массы, Эйнштейн приходит к выводу о том, что гравитационное поле (в котором проявляется гравитационная масса) эквивалентно ускоренному движению (в котором проявляется масса инертная) и формулирует принцип эквивалентности, который и был положен в основу создания общей теории относительности: «Факт равенства инертной и весо­мой массы или, иначе, тот факт, что ускорение свободного падения не зависит от природы падающего вещества, допускает и иное выражение. Его можно выразить так: в поле тяготения (малой пространственной протяженности) все происходит так, как в пространстве без тяготения, если в нем вместо «инерциальной» системы отсчета ввести систему, ускоренную относительно нее».

Принцип эквивалентности Эйнштейн называл «счастливейшей мыслью в моей жизни». Как уже отмечалось, попытки включения тяготения в специальную теорию относительности наталкивались на серьезные трудности, так как в этом случае не работает глобальная лоренц-инвариантность. Эйнштейн приходит к выводу о том, что главная задача состоит не в том, как включить тяготение в СТО, а в том, как использовать тяготение для обобщения требования инвариантности к любым типам движения, в том числе и ускоренным. Оказалось, что тяготение не может быть полностью заменено **ускорением (гравитационные**

силы — силами инерции) в больших областях с неоднородным гравитационным полем. Сведение гравитационного поля к ускоренным системам отсчета требует ограничения принципа эквивалентности бесконечно малыми масштабами. Иными словами, принцип эквивалентности имеет локальное значение. Локальный характер принципа эквивалентности приводит к представлениям о мире, отличном от плоского евклидова пространства, для которого сумма углов треугольника всегда равно 180 градусов. Это мир — с кривизной пространственно-временного континуума. Случилось так, что в математике уже были развиты теории неевклидовой дифференциальной геометрии — теория Лобачевского и теория Римана. В общей теории относительности инвариантность физических законов в системах отсчета, в которых действуют гравитационные силы (или которые являются неинерциальными), достигается относительно локальных преобразований в римановом четырехмерном пространстве-времени положительной кривизны. Иными словами, гравитационное поле может интерпретироваться как следствие искривления пространства.

Итак, в результате восьмилетних размышлений над природой тяготения (с 1907 по 1915 год) Эйнштейн в полемике и при поддержке ряда крупных физиков и математиков пришел к созданию общей теории относительности — теории, распространяющей принцип относительности на любые системы отсчета и в то же время представляющей из себя более общую теорию тяготения, содержащую в себе теорию тяготения Ньютона как предельный случай.

Специальная теория относительности имеет глубокое экспериментальное подтверждение и является мощным аппаратом в ядерной физике и физике элементарных частиц. Следует отметить существовавший в ряду физиков скепсис по поводу возможной экспериментальной проверяемости общей теории относительности, который, однако, просуществовал недолго. Первое экспериментальное подтверждение теории состояло в объяснении аномального движения планеты Меркурий, чего не удавалось сделать на основе теории Ньютона. Меркурий — это наиболее близкая к Солнцу планета. Согласно общей теории относительности, эллиптическая траектория движения планет должна медленно поворачиваться вокруг Солнца. Леверрье было

открыто вековое вращение орбиты Меркурия, составляющее около 45" в столетие (ясно, что для остальных планет оно еще меньше). Результат этот не согласовывался с расчетами, полученными на основе ньютоновского закона всемирного тяготения. Результаты расчета по общей теории относительности продемонстрировали полное совпадение с данными астрономических наблюдений. Далее, следствием теории является более сильное (в два раза большее) искривление светового луча гравитационным полем, нежели это было получено из опытов, проведенных Зольднером в 1804 году. Экспедиции, наблюдавшие солнечные затмения 29 мая в 1919 году и 21 сентября 1921 года обнаружили, что искривление света близко к значению, предсказываемому общей теорией относительности. И, наконец, третий экспериментальный результат не только соответствовал теории, но и дал мощный импульс для развития на базе общей теории относительности науки о происхождении и эволюции Вселенной — космологии. Речь идет об открытии в 1929 году Хабблом смещения спектральных линий излучения звезд в сторону красного света, так называемое «красное смещение», свидетельствующее о том, что Вселенная, в которой мы обитаем, не статична, а расширяется, так что всевозможные галактики разбегаются. Несколько ранее, в 1922-1924 годах, А. Фридманом были получены решения общей теории относительности для нестационарной Вселенной, расширяющейся в настоящую эпоху, что и было экспериментально подтверждено открытием Хаббла.

Современные космологические модели еще более развивают представления о пространстве-времени нашей Вселенной. Здесь ставятся вопросы о том, почему пространство мира, в котором мы живем, трехмерно? Возможна ли жизнь нашего типа в пространстве с большим числом измерений? Что представляет собой пространство в масштабах порядка 10^{-33} см? Каковы его метрика и топология? Как связаны между собой известные типы физических взаимодействий и пространственно-временная структура нашей Вселенной? Эти и другие вопросы будут рассмотрены в следующих главах этой книги. Ведь, по существу, вопрос о пространстве и времени известного мира — это вопрос всей современной науки. Вот почему он не укладывается в размер одной главы, а требует ознакомления с другими важными разделами физики.

В настоящей главе часто упоминается понятие «энергия». Поэтому мы позволим себе перелистать странички истории назад и рассмотреть, как это фундаментальное понятие вошло в структуру физической науки, чему и посвящена следующая глава книги.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы причины введения Ньютоном понятий абсолютного пространства и абсолютного времени? Приведите их определения.

2. Объясните, как вы понимаете «себетождественность», «внеположенность» объектов ньютоновской механики. Перечислите основные принципы механистической исследовательской программы.

3. Что означает детерминизм поведения объектов в механике Ньютона? В чем состоит основная задача механики?

4. Перечислите основные принципы механистической концепции целого и части.

5. Сформулируйте принцип дальнедействия и принцип близкодействия.

6. Какую роль сыграла концепция эфира в формировании понятия поля?

7. Чем отличаются инерциальные и неинерциальные системы отсчета? Сформулируйте принцип инерции. Приведите известные вам примеры «проявления» сил инерции.

8. В чем суть принципа относительности Галилея? Как записываются преобразования Галилея? Какие выводы вы можете сделать на основании этих преобразований?

9. Расскажите о предпосылках возникновения специальной теории относительности Эйнштейна. Сформулируйте постулаты теории относительности.

10. Сделайте критический разбор понятия одновременности в классической механике. В чем состоит физический смысл преобразований Лоренца?

11. Дайте понятие мирового интервала. В чем состоит новый взгляд на пространство-время в специальной теории относительности?

12. Каковы мотивы создания общей теории относительности? В чем суть принципа эквивалентности?

13. Что означают термины «глобальная инвариантность» и «локальная инвариантность»?

14. Расскажите об экспериментальных подтверждениях теории относительности.

3. Закон сохранения энергии в макроскопических процессах

Энергией называется единая мера различных форм движения. Мы так часто пользуемся этим термином в своей повседневной жизни, что не задумываемся о том центральном месте, которое занимает это понятие в структуре современного естествознания, являясь, по существу, фундаментом всего здания современной физики.

Энергия проявляется во множестве различных форм. Обыкновенная заводная игрушка, с которой связано наше детство, обладает энергией. Энергия приводит в движение автомобиль, обогревает дома, дает возможность производить всевозможные изделия, добывать необходимые полезные ископаемые, изготавливать удобрения и т. д. Мы уже привыкли к рекламным роликам и знаем, что нам покупать на прилавках магазинов, чтобы в стольких-то калориях получить «свежее дыхание» или «заряд бодрости на целый день». Кусочек шоколада, булка хлеба и другие продукты питания обладают энергией. Весной все вокруг зеленеет и расцветает, и это тоже следствие того, что растения потребляют солнечную энергию. Все живое вокруг обязательно должно потреблять энергию, чтобы жить.

Нашим однопланетянам повезло. Потому что без энергии, излучаемой Солнцем, не было бы жизни на планете Земля. Миллиарды лет тому назад Солнце пробудило жизнь на Земле и неустанно поддерживало ее, щедро посылая нам свою энергию. Однако подобное расточительство когда-либо окончится, запасы водорода, обеспечивающие протекание реакций термоядерного синтеза на Солнце, в конце концов, иссякнут. Перед человечеством неизбежно возникнет проблема переселения, возможно, даже в другую галактику. Важно найти звезду, более молодую, и разместиться на удобной планете неподалеку от нее. Думать об этом не

мешало бы уже сейчас. Вот почему проблема освоения космоса является глобальной проблемой, стоящей перед человечеством.

Но все это задачи далекого будущего. А сегодня нас волнует вопрос использования энергетических ресурсов Земли. Мы постоянно слышим, что цивилизация человеческого общества связана со все увеличивающимся ростом потребления энергии. Запасы топлива — нефти, угля, древесины и др. не безграничны. И на повестку дня ставится вопрос о дальнейшем развитии атомной энергетики.

Мы с удовольствием характеризуем известных нам людей, говоря: «Очень энергичный молодой человек» или «С Вашей-то энергией горы своротить можно».

Итак, энергия проявляется во всех этих формах. Собственно, само понятие энергии было выработано именно в поисках связей между различными формами движения материи. Переход энергии из одной формы в другую означает, что энергия в данной ее форме исчезает, превращается в энергию в иной форме. И вот тут-то кроется самое главное, что определяет энергию как фундаментальное понятие естествознания. Оказывается, что при любых процессах, происходящих в изолированной системе, полная энергия системы не изменяется. То есть переход энергии из одной формы в другую происходит с соблюдением количественной эквивалентности. Для количественной характеристики различных форм движения вводятся соответствующие им виды энергии: механическая, внутренняя (тепловая), электромагнитная, химическая, ядерная и т. д. Закон сохранения энергии — закон, управляющий всеми явлениями природы, исключений из него науке неизвестно.

3.1. «Живая сила»

Характерно, что, являясь центральным понятием в физике, само формирование понятия энергии есть вместе с тем история открытия закона сохранения и превращения энергии. Так что в структуру физической теории понятие энергии вошло лишь к середине XIX века.

Термин «**ἐνεργεια**» в качестве физического понятия встречается у Аристотеля. Аристотель был первым античным философом, создавшим понятийный аппарат для оп-

ределения того, что есть движение. Движение трактуется Аристотелем как средний термин, как переход от возможности к действительности, от потенции к деятельности. Термин « $\epsilon\nu\epsilon\rho\upsilon\epsilon\iota\alpha$ » употребляется Аристотелем для характеристики деятельности по осуществлению способности, то есть переход от потенции в ее реализацию, деятельность (например, строительство). Можно было бы сделать вывод о том, что прямой связи между « $\epsilon\nu\epsilon\rho\upsilon\epsilon\iota\alpha$ » Аристотеля и современным содержанием этого понятия нет. Однако существенным является то, что « $\epsilon\nu\epsilon\rho\upsilon\epsilon\iota\alpha$ » появляется у Аристотеля именно в связи с попыткой охарактеризовать движение в качестве общей категории, описывающей все виды, роды движения.

Само представление о превращениях различных видов движения, о неуничтожимости движения содержится и в древней мифологии, и в философии Древней Греции и Востока. Идея о неуничтожимости и несотворимости движения возродилась в Новое время и стала принимать более определенные, научные формы в XVII веке.

В связи с изучением механического движения и формирования механической исследовательской программы мысль о неуничтожимости и несотворимости движения была первоначально сведена к представлению о несотворимости и неуничтожимости именно механического движения. Изучение механического движения сразу же привело к дилемме, какой величиной « mV » или « mV_2 » следует измерять механическое движение и какая из этих величин сохраняется в процессе взаимодействия тел? Здесь m означает массу тела, а величина V — скорость тела. Величина « mV » введена Декартом и названа им количеством движения. Величина « mV^2 » введена Лейбницем и названа «живой силой» — « $vis viva$ », хотя еще ранее в теории упругого удара Гюйгенсом и Вреном было установлено сохранение величины « mV^2 ». Чтобы проследить генезис этих понятий в физике, рассмотрим случай удара двух, например, бильярдных шаров. Два шара массами m_1 и m_2 движутся со скоростями V_1 и V_2 и сталкиваются. Скажем, первый шар догоняет второй. После удара они движутся уже с другими скоростями U_1 и U_2 . Спрашивается, что сохраняется при взаимодействии шаров.

Декарт утверждал, что справедливо следующее равенство:

$$m_1V_1 + m_2V_2 = m_1U_1 + m_2U_2.$$

Гюйгенс, Лейбниц и ряд других ученых считали, что сохраняется «живая сила» и справедливо равенство:

$$m_1V_1^2 + m_2V_2^2 = m_1U_1^2 + m_2U_2^2.$$

Между последователями Декарта и Лейбница возник спор о том, какому из понятий следует отдать предпочтение при изучении механического движения, какая из величин сохраняется в процессе взаимодействия — количество движения или «живая сила»? Разрешение этой полемики последовало только с открытием закона сохранения при превращении механической энергии в другие формы движения. При исследовании удара двух тел было установлено не только сохранение «живой силы» в случае упругого удара, но и потеря ее при неупругом ударе. Приоритет этого открытия принадлежит Валлису.

Надо отметить, что понятие «живой силы» коренным образом отличалось от понятия силы в ньютоновской механике. Ньютоновская сила имеет свое конкретное место в системе понятий физики и рассматривается как причина изменения состояния движения тела. Ньютон подчеркивал внешний по отношению к материи характер механических сил, то есть в понятии силы заключалась мысль о внешнем источнике движения, отделенном от материи. Именно такое понимание приводит к представлению о различных силах, рассматриваемых в качестве внешних агентов, в качестве активного начала, приводящего в движение пассивную материю. Отсюда и название «живая сила», которая связывается с представлением об активном начале любого движущегося тела, в противоположность «мертвой силе», активном начале, запасенном в каком-либо покоящемся теле.

Понятие силы играет центральную роль в механике Ньютона. Сам Ньютон не ставил перед собой задачи о создании механики, которая выводилась бы из какого-либо принципа *сохранения* некоторой меры движения. Что касается «живой силы», то Ньютон обращал внимание на факт несохранения движения в случае неупругого удара или трения.

Таким образом, хотя наука XVII века выработала представление об энергии в виде «живой силы», а более чем

через 100 лет, в 1829 году, Кориолис рассмотрел величину, равную половине «живой силы» $mV^2/2$, которая определяет кинетическую энергию в современной структуре научного знания; понятие энергии, как, впрочем, и понятие работы, отсутствовали в механике Ньютона и вплоть до XIX века не фигурировали в учебниках физики.

Термин «энергия» в смысле динамической переменной появился лишь в 1807 году в работе Юнга «Курс лекций по натуральной философии», понятие «работ» подробно развито в труде Ж.В. Понселе «Введение в индустриальную механику».

Юнг ввел понятие энергии для обозначения «живой силы», не выводя это понятие за рамки механистического описания явлений природы. Сама задача расширения этого понятия на другие формы движения, задача категориального обоснования этого понятия и установления отличия его от понятия количества движения стала возможной лишь благодаря исследованиям переходов немеханического движения в другие виды движения. Усилиями ученых XVII-XIX веков были открыты и качественно исследованы связи между:

- механическим движением и теплотой;
- химическими явлениями и электричеством;
- механическим движением и электричеством;
- электричеством и магнетизмом;
- химическими явлениями и теплотой;
- теплотой и электричеством и т. д.

Результаты этих исследований и привели к открытию закона сохранения и превращения энергии. Остановимся вкратце на рассмотрении этих результатов.

3.2. Работа в механике. Закон сохранения и превращения энергии в механике

Формирование понятия механической энергии было связано с формированием понятия механической работы.

Зададимся вопросом, каким образом можно было бы сообщить телу кинетическую энергию $mV^2/2$? Ее можно передать телу при столкновении, как это имело место в случае удара шаров. Но ее можно также получить, подталкивая тело с помощью действия некоторой силы. Пусть

некоторое тело под действием силы F выходит из состояния покоя и движется со все увеличивающейся скоростью в течение некоторого времени t . За это время скорость тела возрастает до значения V , и тело проходит некоторое расстояние x . Можно показать, используя законы механики, что справедливо равенство:

$$Fx = mV^2/2.$$

Величину Fx , равную произведению силы на расстояние, на котором она действовала на тело, принято называть работой A :

$$A = Fx.$$

Теперь попробуем выяснить, входят ли работа и энергия как составные части в один и тот же закон сохранения? Или, выражаясь иначе, если над телом совершается работа, благодаря чему увеличивается кинетическая энергия тела, сможет ли тело потом за счет своего запаса кинетической энергии произвести столько же работы?

Ответ положителен. Если на пути движущегося тела окажется какое-то другое тело, скажем, пружина, то тело, налетая на пружину, будет сжимать ее, создавая перемещение ее звеньев относительно друг друга, то есть будет действовать на пружину с некоторой силой. В конце концов, тело остановится, растратив всю свою энергию движения на совершение работы по сжатию пружины. Вслед за этим пружина начнет расширяться и будет толкать тело назад. То есть при своем расширении пружина совершит работу над телом, которая вся уйдет на увеличение кинетической энергии тела после остановки. Если пружина хорошая, упругая, то можно будет констатировать практическое равенство кинетической энергии тела до и после взаимодействия с пружиной.

Чувствуется, что в наших рассуждениях пропущено некоторое звено. А именно, возникает вопрос: «В те мгновения, когда пружина сжата, и тело уже не действует на нее с силой, перемещая ее, то есть не совершает в эти мгновения работу; само тело в эти мгновения покоится, так как запас ее кинетической энергии уже растрочен на совершение работы по сжатию пружины. Так что в эти мгновения ни работа не совершается, ни тело не имеет более кинетической энергии. Так куда же все это подевалось?» Мы

отчетливо видим, что пружина перешла **в другое качественное состояние**: из недеформированного состояния она перешла в сжатое, после чего, разжимаясь, сама совершила работу. Мы приходим к пониманию того, что запас кинетической энергии не пропал бесследно, а перешел в запас энергии, которой обладает пружина в сжатом состоянии, «мертвой силы», как ее первоначально называли. Такую неподвижную форму энергии принято называть потенциальной энергией, как бы подчеркивая, что эта энергия потенциально может перейти в энергию движения.

Самый простой способ запастись такой энергией — это поднять груз на высоту. Когда груз падает, запасенная потенциальная энергия превращается в кинетическую. И наоборот, когда мы испытываем усталость, поднимаясь на высокую горку или же по ступенькам на верхний этаж здания, связано это с тем, что мы постоянно совершаем работу по увеличению потенциальной энергии своего тела, поднимая его на соответствующую высоту.

Обычно термин «потенциальная энергия» относят к энергии, запасенной в деформированном теле, в теле, поднятом на высоту, иными словами, к запасу энергии, обусловленному положением тела в некотором поле и природой самого поля. Современной физике известны четыре типа полей: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. Сам факт обусловленности потенциальной энергии наличием полей говорит о несводимости понятия потенциальной энергии просто к механическому движению. Величина потенциальной энергии определяется теми процессами, которые обусловлены конкретной природой взаимодействия системы тел (гравитационным, электромагнитным, сильным или слабым) и зависит от изменения конфигурации тел в соответствующих полях. Потенциальная энергия сжатой пружины, например, выражает собой энергию внутреннего движения частиц, составляющих пружину. Механика не занимается изучением «внутренних сил», связанных со взаимодействием атомов друг с другом, а интересуется конечным результатом. Этот результат может быть вычислен по величине работы, которую нужно затратить, чтобы таким-то образом изменить конфигурацию частей пружины. Запас этой работы и понимается нами как потенциальная энергия пружины. Так что потенциальная энергия вхо-

дит в механику как понятие, определяющее свойство системы материальных тел совершать работу при изменении конфигурации тел в системе.

Таким образом, **работа может быть определена как мера изменения энергии.** В ряде случаев работа, совершаемая за счет уменьшения потенциальной энергии тела, практически полностью идет на увеличение кинетической энергии тела. Позже мы укажем на ограниченность нашего примера. Однако именно эти случаи послужили основанием для формулирования закона сохранения и превращения энергии применительно к механическим процессам. Этот закон звучит следующим образом: **полная энергия замкнутой консервативной системы тел, равная сумме их потенциальной и кинетической энергии, остается величиной постоянной.** То есть всякое изменение потенциальной и кинетической энергии есть превращение потенциальной энергии в кинетическую, а кинетической в потенциальную. **В случае механического движения передача энергии происходит в форме работы в процессе силового взаимодействия тел.**

Теперь оговоримся, что всякий физический закон имеет границы своей применимости. Это в первую очередь относится к закону сохранения механической энергии. **Первое** важное ограничение этого закона состоит в требовании изолированности системы рассматриваемых тел от внешних воздействий. Такую систему мы называем **замкнутой.** **Второе** ограничение связано с тем, что не всегда работа однозначно определяется изменением потенциальной энергии тела при перемещении его из одной точки поля в другую. Однозначное определение работы как меры изменения потенциальной энергии имеет место лишь для определенных типов полей, называемых потенциальными. Примерами таких полей могут служить гравитационное или электростатическое поля. Потенциальными считаются поля, работа сил которых не зависит от траектории движения тела в поле. Соответственно силы этих полей называют консервативными. В случае, если работа сил зависит от формы пути или силы зависят от скорости движения, механическая энергия системы не сохраняется. Например, силы трения, которые не являются консервативными, присутствуют во всех случаях. Следовательно, закон сохранения механи-

ческой энергии имеет смысл лишь применительно к идеализированным ситуациям. Не следует в связи с этим удивляться и делать поспешные выводы типа: «Надо было столько морочить голову каким-то законом, который практически не существует вовсе?» Во-первых, это замечание несправедливо, потому что существует множество явлений, которые допускают при их анализе подобную идеализацию. В этих случаях закон сохранения механической энергии может быть использован с достаточно хорошей степенью точности, разумеется, в малые временные интервалы, когда трение в расчет можно и не принимать. Во-вторых, без установления этого закона было бы очень трудно сделать следующий шаг: выяснить, куда же растрачивается механическая энергия при трении?

Другое дело — попытаться обмануть природу настолько, чтобы создать машину, с помощью которой можно было бы совершать работу без затраты энергии в той или иной форме. Это проблема создания вечного двигателя — «перпетуум-мобиле». История развития человеческого общества особой страницей содержит в себе те, в общем-то, немногочисленные варианты вечных двигателей, свидетельствующих о невероятных ухищрениях человеческого ума. Первый до сих пор известный достоверный документ об «осуществлении» идеи вечного двигателя относится к XIII веку. Еще до установления закона сохранения энергии в 1775 году было сделано заявление французской Академии, в котором говорилось о невозможности создания вечного двигателя. Вследствие чего Академия отказывалась принимать впредь подобные проекты для рассмотрения.

Итак, механическая энергия при трении растрачивается, но куда? Выяснение энергетической стороны таких процессов и составило следующую важную страницу в истории открытий превращения механической энергии в другие формы движения.

3.3. Внутренняя энергия

О том, что такое теплота, люди задумывались очень давно. Такие понятия, как «огонь», «свет», «теплород», встречаются уже в древнейших сказаниях Востока, а позже в работах античных философов Древней Греции. Однако в те

далекие времена были высказаны только общие предположения о природе огня, света и теплоты. И античные философы, и схоласты средневековья рассматривали холод и тепло как разные вещи. Они были далеки от представления о том, что холод следует рассматривать как недостаток тепла, а не как противоположную субстанцию. Эта точка зрения просуществовала довольно долго. Так, уже в Новое время, в сочинениях Пьера Гассенди, вышедших в 1658 году, теплота и холод трактуются как разные материи. Причем атомы холода, в отличие от атомов тепла, являются острыми; проникая в жидкость, они скрепляют ее, превращают в твердое тело.

Учение о тепловых явлениях начинает развиваться только с середины XVIII века. Толчком для этого развития является изобретение термометра. Интересно отметить, что на протяжении долгого времени между понятиями тепла и температуры не проводилось различия.

Temperatura — в переводе с латинского означает «смешивание в должном отношении». Это говорит о происхождении самого термина «температура». Дело в том, что не сразу было понято, что здоровые люди имеют практически одну и ту же температуру. Степень нагретости относилась к темпераменту человека. Так, во II веке великий врач Гален утверждал, что темперамент человека создается смешением четырех жидкостей. Эти жидкости, играющие важную роль также в учении Гиппократов, отвечают за темперамент человека. Они назывались: кровь, слизь, черная желчь и желтая желчь. При определенном смешивании они порождают сангвиников, флегматиков, меланхоликов и холериков.

Ученым, который первым изобрел прибор для измерения нагретости тела, был Галилей. Конечно, этот прибор был еще далек от совершенства, он даже не был проградуирован. Однако он все же позволял сравнивать температуры тел, находящихся в одном и том же месте и в одно и то же время. Впервые температуру человеческого тела начал измерять итальянский врач и анатом Санторио с помощью им же изобретенного термометра. После Галилея многие ученые занимались изготовлением приборов для определения нагретости тел: итальянские мастера из Флоренции, Отто фон Герике, Амонтон, Гук, Фаренгейт, Цельсий, Реомюр, Делиль и др.

В 1655 году Гюйгенс предложил в качестве опорных точек термометра избрать точку кипения воды и точку таяния льда. Современная шкала Цельсия была предложена шведским ботаником Андерсом Цельсием в 1742 году. Однако за 0 градусов он принимал точку кипения воды, а за 100 градусов — точку таяния льда, как и Далиль. Такая шкала не завоевала популярности и очень скоро была перевернута обратно.

Сама по себе градуировка термометров доставляла не меньше хлопот, чем конструкция термометров. И это связано с вопросом о том, происходит ли расширение используемых в термометрах жидкостей (воды, спирта, ртути) или газа пропорционально увеличению температуры во всех интервалах интересующих температур. Таким образом, задача усовершенствования термометров явилась толчком для изучения явления расширения тел при нагревании. Однако все эти исследования не разделяли понятия «теплота» и «температура». И температура тела так же, как и теплота связывалась с представлением о теплороде. В «Словаре церковнославянского и русского языка», изданном в середине XIX века, можно прочитать: «Температура есть мера сгущения теплорода, показываемая в градусах термометром». «Теплород — вещественная причина жара, тепла и холода, непостижимо тонкая жидкость, изливающаяся из Солнца и проникающая во все тела физического мира, невидимая, невесомая и только ощущением ощущаемая»³.

Итак, температуру и теплоту связывали с особым видом невесомой материи — теплородом. Именно присутствие теплорода в теле вызывает нагретость тела. Единица измерения теплоты, дожившая до наших дней, «калория» в переводе на русский язык означает не что иное, как «теплород». Однако так думали не все. В истории развития взглядов на природу теплоты ясно прослеживаются два направления: одно из них связано с представлением о теплороде, а второе связывает сущность тепловых явлений с движением атомов, из которых состоят тела. Это так называемые теплородная и кинетическая теории теплоты. В отношении теплородной теории также существовали две точки зрения. Первая точка зрения — традиционная, согласно которой теплород — «некая жидкость, крайне мел-

кие частицы которой наделены силой взаимного оттаивания». В этом случае большее или меньшее скопление этой жидкости в телах определяет их состояние»⁴. Вторая точка зрения являлась менее популярной, но в ней как бы делалась попытка синтеза кинетической теории с теорией теплорода.

Кинетической теории теплоты придерживались многие ученые. Среди них — Фрэнсис Бэкон, Рене Декарт, Даниил Бернулли, М. Ломоносов, Л. Эйлер. Однако господствующей на протяжении столетий являлась теплородная теория. Причина этого кроется в том, что вплоть до изготовления паровых машин и их усовершенствования ученые не интересовались вопросом о путях превращения теплоты в механическую работу. Обратные процессы превращения работы в теплоту были известны с незапамятных времен, но они, как казалось, хорошо объяснялись теплородной теорией (вплоть до опытов Румфорда).

Спор между сторонниками теплородной и кинетической теории состоял в следующем: сводится ли представление о теплоте к некоторой субстанции, пусть даже и невесомой, или же теплота есть проявление кинетического движения молекул? А. Эйнштейн и Л. Инфельд отмечают: «В истории физики часто встречаются такие испытания, которые способны произвести приговор о жизни или смерти теории: они называются *crucis* (крucис, то есть решающими) экспериментами. Решением суда такого эксперимента может быть оправдана только одна теория явлений... Такой решающий эксперимент был произведен Румфордом; он нанес смертельный удар субстанциональной теории теплоты»⁵. Надо сказать, что этот эксперимент мог быть поставлен только благодаря и вследствие развития калориметрических исследований — исследований по изучению явлений теплообмена между двумя веществами (однородными с различными температурами, разнородными с различными температурами, в разных фазах и т. д.) при смешивании их в теплоизолированном сосуде — калориметре. В процессе этих опытов, где основная заслуга принадлежит петербургскому академику Георгу Рихману, было установлено, что при смешении жидкостей, даже однородных, устанавливается определенная одинаковая для всей смеси температура. Дальнейшие исследования сконцентрировались в выяснении

вопроса, «как распределяется теплота между различными телами». Было установлено, что различные тела имеют различные удельные теплоемкости. Под удельной теплоемкостью вещества понимается количество теплоты (пока еще теплорода) для увеличения температуры единицы массы вещества на один градус. В процессе калориметрических исследований было сделано важное заключение: при исследовании тепловых явлений следует различать такие понятия, как температура и теплота. Так, при превращении, например, льда в воду, теплота расходуется, а температура при этом не изменяется (лед, как и прочие тела, плавится при строго определенной температуре). Вместе с понятием количества теплоты были установлены понятия удельной теплоемкости, теплоемкости, теплоты плавления, теплоты парообразования.

Так, в чем же состоит суть решающего эксперимента, проведенного графом Румфордом? Граф Румфорд (Бенджамин Томсон) ссылался на опыты по выделению теплоты при трении. Это явление хорошо известно с древнейших времен. Оно явилось одной из важнейших предпосылок возникновения человеческой цивилизации. Ибо благодаря трению первобытный человек добывал себе огонь. Теплородная теория объясняла выделение теплоты при трении тел друг о друга тем, что при трении тела как бы выжимают из себя теплород, вследствие чего количества теплорода в них, то есть теплоемкость, должны изменяться. Самая известная работа Румфорда «Исследование источника тепла, вызываемого трением» была представлена в Королевское общество в Лондоне в 1798 году. К слову сказать, Румфорд известен как активный политический деятель, выдающийся организатор, внесший значительный вклад в реорганизацию армии. При этом он сохранял постоянный активный интерес к науке и технике. Талантливый экспериментатор, он большое внимание уделял практическим применениям научных знаний. В вышеназванной работе Румфорд привел результаты эксперимента, связанного со сверлением пушечного ствола. В течение 2,5 часов за счет трения было получено количество теплоты, достаточной для превращения в пар 12 килограммов воды при получении всего лишь 270 граммов металлической стружки. Далее было обнаружено, что стружка имеет такую же удельную тепло-

емкость, как исходный металл отливки. Вследствие полученных результатов Румфорд сделал вывод о том, что теплота не могла быть получена за счет «выжимания» теплорода из металла. «Обсуждая этот предмет, — пишет Румфорд, — мы не должны забывать учета того самого замечательного обстоятельства, что источник теплоты, порожденный трением, оказался в этих экспериментах явно *неисчерпаемым*.

Совершенно необходимо добавить, что это нечто, которое любое *изолированное* тело или система тел может непрерывно поставлять *без ограничения*, не может быть *материальной субстанцией*; и мне кажется чрезвычайно трудным, если не совершенно невозможным, создать какую-либо точную идею о чем-то, что в состоянии возбуждаться и передаваться, подобно тому как возбуждается и передается в этих экспериментах теплота, если только не допустить, что это что-то есть *движение*»⁶.

Опыты Румфорда были подтверждены также работами Хэмфри Дэви, показавшими, что трение двух кусков льда друг о друга может вызвать их таяние. Румфорд, выражая свое непримиримое отношение к теплородной теории, как-то сказал: «Я удовлетворен тем, что доживу до того, что буду иметь удовольствие увидеть теплород, похороненный вместе с флогистоном в одном гробу»⁷. Напомним, что флогистоном называли газ, который считали основой огня. Флогистону приписывалась такая же роль в объяснении химических реакций, как теплороду в объяснении тепловых явлений. Опровергателем теории флогистона выступил Антуан Лавуазье, который, однако, спас «теплород», считал его полноправным элементом в своей таблице химических простых тел.

Рассмотрение процессов превращения работы трения в тепло создало все необходимые предпосылки для отрицания теплородной теории. Тем не менее, этого отрицания не произошло. Теплородная теория просуществовала еще значительно долго, несмотря на опыты Румфорда. Для выработки закона сохранения и превращения энергии не менее важными явились исследования обратных процессов по превращению теплоты в работу, то есть по исследованию функционирования тепловых машин.

Принято считать, что первая паровая машина была изобретена греческим **ученым и математиком Героном**.

Это так называемая эолипил (греч. — ветряной шар) Герона. Герон пытался использовать движущую «силу» тепла для облегчения труда. Однако открытие Герона не получило практического применения. Хорошо известно, с каким предубеждением относились греки к подобного рода изобретениям, которые ими рассматривались как попытки обмана истинной природы и считались недостойными.

По существу, развитие тепловых машин связано с изобретением орудий войны — ракет и пушек. К сожалению, в истории эволюции человеческого общества немало страниц, свидетельствующих о том, что возникновение новых машин, механизмов, технологий предопределялось военными интересами, и лишь позже они получали применение для облегчения мускульного мануфактурного труда человека (*manu* — рукой, *factus* — сделано, — лат.). Другой важной причиной возникновения и практического применения паровых машин послужила необходимость добычи топлива — каменного угля из шахт, находящихся под водными пластами. Нужно было откачивать воду из шахт. И так получилось, что деятельность первых конструкторов тепловых устройств была связана с добычей топлива. Первый паровой насос, служащий для откачки воды из шахт, был сконструирован владельцем одной из шахт в Англии, Томасом Сэйри в конце XVII века. Паровой насос Сэвери в усовершенствованных видах использовался вплоть до середины XVIII века. Более совершенную паровую машину построил англичанин Томас Ньюкомен, работавший вместе с Сэвери. Машина Ньюкомена уже имела основные детали современной паровой машины — цилиндр и поршень. Главное новшество состояло в том, что в машине Ньюкомена пар давил не непосредственно на поверхность воды, а на поршень в цилиндре. Известно, что Ньюкомен состоял в переписке с выдающимся физиком Робертом Гуком, и эта идея, возможно, была подсказана Гуком.

Главный недостаток первых паровых машин состоял в том, что, во-первых, они потребляли много топлива, во-вторых, это не были машины непрерывного действия. Действительная эпоха паровых машин начинается с машины Уатта, как это и преподносится практически во всех учебниках истории. Машина Уатта изобретена в 1763 году шотландским механиком Джеймсом Уаттом. Основная

идея Уатта заключалась в уменьшении потерь тепла в машине за счет попеременного нагревания и охлаждения цилиндра. В том же 1763 году русским изобретателем И. Ползуновым, работавшим механиком на алтайских горнорудных и металлургических заводах, была изобретена первая паровая машина непрерывного действия.

Широкое применение паровых машин в XVIII-XIX веков послужило также толчком для создания самодвижущихся устройств. В 1807 году в Америке Фультоном строится первый пароход, а в 1825 году в Англии начинает действовать построенная Стефенсоном железная дорога. На повестку дня встает вопрос о том, какими путями можно было бы увеличить работу паровой машины, то есть возникла необходимость теоретического анализа процессов превращения **теплоты в работу**. Эту задачу выполнил французский инженер Сади Карно в 1827 году в работе «Размышление о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». Работа эта основывалась на общепринятой в то время точке зрения о теплородной природе теплоты, тем не менее, именно она явилась фундаментальной для развития термодинамики. Свою работу Карно начинает следующими словами: «Никто не сомневается, что теплота может быть причиной движения, что она даже обладает большой двигательной силой: паровые машины, ныне столь распространенные, являются этому очевидными доказательствами»⁸.

Итак, к 1827 году был сделан совершенно ясный вывод о том, что теплота и механическая работа обратимы одна в другую. Однако спор о том, что есть теплота — движение или субстанция-теплород — до конца разрешен не был. Для торжества кинетической точки зрения важно было установить механический эквивалент теплоты. Строго количественное соотношение для случая превращения механической работы в теплоту было впервые определено немецким врачом Робертом Майером.

Майер определил, что количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы газа на один градус, совершаемое при постоянном давлении (C_p), всегда больше, чем количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы вещества на один градус при постоянном объеме (C_v). Нагревание при постоянном давлении отличается от

нагревания при постоянном объеме тем, что изменение объема газа при расширении сопровождается толканием поршня, то есть совершением работы. Если нагревание при постоянном объеме идет только на увеличение внутренней энергии газа, то нагревание при постоянном давлении, помимо такого же увеличения внутренней энергии газа, сопровождается также совершением механической работы. Если рассматривать теплоту как «силу», рассуждал Майер (а под «силой» он понимал то, что впоследствии стало называться энергией), то тогда понятно, почему C_p больше, чем C_v . Более того, если найти, на сколько C_p больше, чем C_v , и сопоставить полученный результат с величиной совершенной работы, то можно получить механический эквивалент теплоты. Этот результат Майер вычислил в 1841 году. А в 1845 году в работе «Органическое движение в связи с обменом веществ» он впервые дает формулировку закона сохранения и превращения энергии. Правда, он употребляет другую терминологию, используя понятия «сила движения», «сила падения», «химическая сила», «теплота», «электричество» и т. д. Сейчас мы заменили бы слово «сила» словом «энергия». «Сила как причина движения является неразрушимым объектом, никакое действие не возникает без причины. Никакая причина не исчезнет без соответствующего ей действия... Количественная неизменность данного есть верховный закон природы... Различные силы могут превращаться друг в друга. Эта сила в вечной смене циркулирует как в мертвой, так и в живой природе»⁹. «При всех физических и химических процессах данная сила остается постоянной величиной»¹⁰. Таким образом, Майер определил механический эквивалент теплоты, отверг теплород как вещественную субстанцию, определил теплоту как «силу» движения и сформулировал закон сохранения и превращения «сил».

Однако при определении механического эквивалента теплоты он не точно проделал расчет. И важное место в истории развития науки о тепловых явлениях заняли результаты опытов Джоуля, которые были проделаны с такой тщательностью, что оказали убедительное воздействие на умы современников, сломив, в конце концов, их сопротивление. Опыт Джоуля состоял в том, что опускающий груз вращал лопатку, погруженную в различные жидко-

сти. В результате жидкость перемешивалась, что приводило к увеличению температуры смеси, которую Джоуль измерял термометром. Сопоставляя значение механической работы опускающегося груза с количеством теплоты, необходимой для нагревания смеси жидкостей на соответствующую температуру, Джоуль очень точно определил значение механического эквивалента теплоты.

Честь открытия механической теории тепла с Майером и Джоулем разделяет также датский инженер Кольдинг, поставивший эксперимент по измерению теплоты, выделяющейся при движении тел с различной скоростью по металлическим, деревянным и прочим поверхностям вследствие трения.

Цикл открытий 40-х годов XIX века был в известной мере подкреплен работой Германа Гельмгольца «О сохранении силы», вышедшей в 1847 году. Герман Гельмгольц, немецкий врач и естествоиспытатель, впоследствии стал одним из выдающихся физиков XIX века. В своей работе Г. Гельмгольц придает принципу сохранения строгую и четкую форму. Он вводит новую количественную характеристику, которая равна работе по величине, но берется с противоположным знаком. Эта характеристика соответствует современному понятию потенциальной энергии. Гельмгольц назвал ее напряжением, а вместо величины mV^2 он предлагает рассматривать в качестве «живой силы» величину $mV^2/2$ и получает закон сохранения механической «силы»:

живая сила + напряжение = const (постоянно).

«Сумма существующих в природе напряженных сил и живых сил постоянна. В этой наиболее общей формулировке мы можем наш закон назвать принципом сохранения сил»¹¹.

Надо сказать, что Майер придавал закону сохранения не просто немеханический характер, в отличие от Гельмгольца, сформулировавшего, по существу, закон сохранения механической энергии, но и распространил его как на «мертвую» (включающую физические и химические процессы), так и на «живую» природу. Однако строгая формулировка Гельмгольца позволяла выйти за рамки механики и придать впоследствии закону сохранения универсальный характер.

Работами Майера, Джоуля, Кольдинга и Гельмгольца был выработан «закон сохранения сил». Тем не менее,

первая ясная формулировка этого закона была получена Рудольфом Клаузиусом и Уильямом Томсоном (лордом Кельвином), которые внесли наиболее значительный вклад в развитие термодинамики. Сади Карно положил начало новому методу рассмотрения превращения теплоты и работы друг в друга в макроскопических системах, в первую очередь, в тепловых машинах, и тем самым явился основателем науки, которая впоследствии была названа Уильямом Томсоном «термодинамикой». Термодинамическое рассмотрение ограничивается, в основном, изучением особенностей превращения тепловой формы движения в другие формы, не интересуясь вопросом микроскопического движения частиц, составляющих веществ.

История открытия закона сохранения и превращения энергии привела к изучению тепловых явлений в двух направлениях: термодинамическом, изучающем тепловые процессы без учета молекулярного строения вещества, и молекулярно-кинетическом. Молекулярно-кинетическая теория явилась развитием упоминаемой выше кинетической теории вещества (альтернативной теплородной). Она характеризуется рассмотрением различных макропроявлений систем как результатов суммарного действия огромной совокупности хаотически движущихся молекул. При этом молекулярно-кинетическая теория использует статистический метод, интересуясь не движением отдельных молекул, а только средними величинами, которые характеризуют движение огромной совокупности частиц. Отсюда другое ее название — **статистическая физика**. Сформировавшись к середине XIX века, оба эти направления, подходя к рассмотрению изменения состояния вещества с различных точек зрения, дополняют друг друга, образуя одно целое.

До тех пор, пока Клаузиус и Томсон, исследуя более подробно работу тепловой машины Карно, не пришли к выводу (независимо друг от друга) о том, что в основе цикла Карно лежат два независимых принципа — первое и второе начала термодинамики, нельзя было с твердой уверенностью принять закон сохранения энергии. По существу, работы Джоуля, Майера и Кольдинга устанавливают **первое начало термодинамики**. Клаузиус первым высказал мысль об эквивалентности работы и количества теплоты как о первом начале термодинамики и записал уравнение,

которое не содержалось в работе Карно. Надо было сделать вывод о том, что всякое тело имеет внутреннюю энергию, которую Клаузиус называл «теплом, содержащимся в теле» (U), в отличие от «тепла», сообщенного телу» (Q). Величину U можно увеличить двумя эквивалентными способами — произведя над телом механическую работу (A) или сообщая ему количество теплоты (Q):

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

В 1860 году Уильям Томсон, заменив термином «энергия» устаревший термин «силы», записывает первое начало термодинамики, которое он называет «основным положением механической теплоты»:

количество теплоты, сообщенное газу = увеличению внутренней энергии газа + совершению внешней работы

Следует еще раз подчеркнуть важное значение установления эквивалентности теплоты и работы. Именно понимание количества теплоты как меры изменения внутренней энергии способствовало установлению закона сохранения и превращения энергии.

3.4. Взаимопревращения различных видов энергии друг в друга

Установлению закона сохранения и превращения энергии способствовало также открытие эффектов, отличных от механических и тепловых, а также превращения других форм движения в тепловую энергию. Еще Майер в своей работе составляет таблицу всех рассматриваемых им «сил» природы и приводит 25 случаев их взаимопревращений. Рассмотрев превращение теплоты в механическую работу, имеющее место в функционировании паровой машины, он говорит об электрической «силе» и превращении механического эффекта в «электричество», о «химической силе вещества», о превращении «химической силы» в теплоту и электричество. Он распространяет положение о сохранении и превращении этих различных «сил» природы на живые организмы, утверждая, что при поглощении пищи в организме постоянно происходят химические процессы, результатом которых являются тепловые и механические эффекты.

Исследования электрических явлений давали серьезные основания для подкрепления вывода о взаимопревращении различных форм движения друг в друга. В 1800 году Воль изобретает первый химический источник электрического тока. В 1840 году русский академик Гесс получает важные результаты, свидетельствующие о превращении химических «сил» в теплоту. Работы Фарадея и Ленца приводят к открытиям о превращении электричества и магнетизма. Изучение процессов, происходящих в контактах двух металлических проводников, проделанных Пельтье и Ленцем, свидетельствует о взаимопревращениях электрической «силы» и теплоты. В 1845 году Джоуль устанавливает соотношение между величиной количества теплоты, выделяемой при прохождении электрического тока через проводник, и величиной самого тока и сопротивления проводника (закон Джоуля-Ленца).

Итак, на протяжении более четырех десятилетий формировался один из самых великих принципов современной науки, приведший к объединению самых различных явлений природы. Принцип этот гласит, что существует определенная величина, называемая энергией, которая не меняется ни при каких превращениях, происходящих в природе. Исключений из закона сохранения энергии не существует. Историками науки открытие закона сохранения и превращения энергии рассматривается как первая революция в физике.

Основные выводы главы

1. Энергия — единая мера различных форм движения материи.

2. Механическая энергия и тепловая энергия — это только две из многих форм энергии. Все, что может быть превращено в какую-либо из этих форм, есть тоже форма энергии.

3. Возможны два качественно различных способа передачи энергии от одного макроскопического тела к другому — в форме работы и в форме теплоты (путем теплообмена). При этом макроскопическое тело рассматривается как огромная совокупность микрочастиц.

4. Изменение энергии тела, осуществленное первым способом, называют работой, совершаемой над этим телом. Передача энергии в форме работы производится в процессе силового взаимодействия тел и всегда сопровождается макросмещением. Работа, совершаемая над телом, может непосредственно пойти на увеличение любого вида энергии.

5. Передача энергии путем теплообмена между телами обусловлена различием температур этих тел. Энергия, получаемая телом в форме теплоты, может непосредственно пойти только на увеличение его внутренней энергии.

6. Невозможен вечный двигатель (перпетуум-мобиле) первого рода. Это является следствием первого (I) начала термодинамики.

7. Всеми явлениями природы управляет закон сохранения и превращения энергии: **энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает: количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую.**

Вопросы для самоконтроля

1. Найдите слова «теплота» и «работа» в Толковом словаре. Сколько различных значений приводится для каждого слова?

2. Придумайте несколько примеров таких процессов, в которых работа может приводить к тому же (или близкому) результату, к какому привело бы тепловое взаимодействие.

3. Перечислите различные типы тепловых двигателей, с которыми вам приходилось встречаться, о которых вы читали или которые можете придумать сами.

4. Определите, какой энергией обладает тело массой 2 килограмма, движущееся со скоростью 10 м/с.

5. Какие виды механической энергии вам известны?

6. Сформулируйте закон сохранения механической энергии и определите границы его применимости.

7. Расскажите об опыте Румфорда. Какой вывод сделали бы вы сами из результатов этого опыта?

8. Как объяснил Майер различие между величинами — удельной теплоемкостью газа при постоянном давлении и удельной теплоемкостью газа при постоянном объеме?

9. Сформулируйте первое (I) начало термодинамики. Опишите способы передачи энергии от одного макроскопического тела другому?

10. Объясните, чем обуславливается передача энергии путем теплообмена.

4. Принцип возрастания энтропии

Принцип возрастания энтропии составляет сущность II начала термодинамики. II начало термодинамики, в общем-то, хорошо известно и понятно каждому человеку, ибо с ним каждый из нас сталкивается буквально на каждом шагу. Не удивительно потому, что II начало термодинамики было установлено даже раньше I начала термодинамики. Правда, первоначальная формулировка его еще не содержала понятия энтропии.

Существует точка зрения, что первая формулировка II закона термодинамики принадлежит Жану-Батисту Жозефу Фурье, префекту Изера, которому в 1811 году была присуждена премия французской Академии наук за математическую теорию распространения тепла. Фурье сформулировал закон теплопроводности, согласно которому количество теплоты, которое переносится в единицу времени через единицу площади поверхности вдоль какого-либо направления, прямо пропорционально величине изменения температуры вдоль этого направления. Причем, что характерно, количество теплоты переносится от тел с большей температурой в направлении к телам с меньшей температурой. Теплопроводность приводит к все большему выравниванию температур до тех пор, пока распределение температуры во всех точках пространства рассматриваемой изолированной системы станет одинаково.

Фурье оказался первым, кто количественно описал явление, составляющее элемент обывденного знания человека, и в то же время немислимое с точки зрения классической ньютоновской механики, все законы которой являются обратимыми. Немислимое по той причине, что явление теплопроводности описывает необратимые процессы.

Дальнейшая судьба понятия необратимости в науке связана с упоминаемой в предыдущей главе работе С. Карно «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу».

4.1. Идеальный цикл Карно

Отец Никола Леонара Сади Карно — знаменитый французский генерал, «организатор побед Великой французской революции» Лазар Никола Карно, инженер по образованию, проявлял значительный интерес к науке и практическому применению инженерных достижений. Он занимался анализом работы тепловых машин, и Сади Карно продолжил работу своего отца. Придерживаясь теплородной теории, С. Карно, тем не менее, сумел получить результаты, имеющие непреходящее значение для развития науки.

Во-первых, С. Карно ввел понятие циклического (кругового) процесса. Наблюдая действие паровой машины, он обратил внимание, что используемый для перемещения цилиндра пар затем выпускается в среду с меньшей температурой, где он снова превращается в воду (конденсат), причем конденсат в дальнейшем более не используется. Карно ставит вопрос о возможности использования отработанного конденсата, о возможности возвращения конденсата в котел, где он вновь нагреется, превратится в пар, который при своем дальнейшем расширении вновь совершит работу над поршнем. Таким образом, вода будет проходить полный цикл — ряд процессов, в результате которых возвратится в исходное состояние.

Второй важный шаг состоял в том, что Карно установил, что подобный непрерывный циклический процесс возможен лишь при наличии двух нагревателей: нагревателя при высокой температуре T_1 и холодильника при более низкой температуре T_2 . Кроме нагревателя и холодильника необходимо рабочее тело. Рабочее тело, забирая у нагревателя количество теплоты Q_1 произведя работу, для восстановления своих исходных параметров (для обеспечения непрерывности цикла) должно отдать некоторое количество теплоты Q_2 холодильнику. Основываясь на теплородной теории теплоты, Карно полагал, что «падение теплородной субстанции», обусловленное разностью температур на-

гревателя и холодильника, аналогично падению воды с более высокого уровня на низкий. Так что работа определяется перепадом между температурами теплорода в нагревателе и холодильнике.

Далее Карно вводит для характеристики тепловой машины понятие коэффициента полезного действия (КПД), рассматриваемого как отношение работы, совершаемой рабочим телом, к количеству теплоты Q_1 взятой у нагревателя:

$$\text{КПД} = (A/Q_1) \cdot 100\%.$$

Основная задача, решение которой являлось целью работы Карно, состояла в определении, от чего зависит КПД тепловой машины. При этом он демонстрирует поистине научно-теоретический подход, ибо пытается определить КПД машины независимо от «какого-либо механизма», «какого-либо определенного агента», то есть предлагает рассмотреть идеальную тепловую машину. Основная особенность этой идеальной машины состоит в том, что все изменения в ней должны происходить обратимым путем.

Обратимым называется процесс, который может идти как в прямом, так и в обратном направлении, и по возвращении системы в исходное состояние не происходит никаких изменений. Любой другой процесс называется необратимым. Оказывается, если исключить из рассмотрения явления, происходящие в микромире, то в природе строго обратимых процессов не существует. Еще Лазар Карно обратил внимание на то, что для достижения наивысшего КПД при постройке и эксплуатации механического устройства следует сводить до минимума удары, трение, иными словами, все процессы, которые приводят к потере «живой силы». Сади Карно строит свою теорию, рассматривая явление получения движения из тепла, исходя из самых общих соображений, отвлекаясь от разнообразных частных факторов в функционировании машины. Он пытается определить, от чего зависит максимальный КПД машины. Поэтому он и берет в рассмотрение идеализированную машину, существенной особенностью процесса которой является циклический и обратимый характер. В качестве рабочего тела Карно использует воздух, чтобы избежать сложностей, связанных с изменением фазы — превращением

воды в пар, а затем пара — в воду. Более того, Карно приходит к верному заключению о том, что для повышения КПД надо исключить прямые контакты между нагревателем и холодильником, чтобы ни одно изменение температуры не было обусловлено прямыми потоками тепла между двумя телами, находящимися при различных температурах. Эти потоки не производили бы никакой механической работы и приводили бы к снижению КПД.

Рассуждая подобным образом, Карно разделил цикл идеальной тепловой машины на четыре стадии.

1-я стадия. Рабочее тело, обладающее температурой нагревателя T_1 , приводится в контакт с нагревателем и получает у него количество теплоты Q_1 , которое целиком расходуется на работу по расширению рабочего тела. Никакая часть от полученной теплоты не расходуется на увеличение внутренней энергии рабочего тела, не теряется зря вследствие равенства температур рабочего тела и нагревателя в начале цикла. 1-я стадия цикла протекает при постоянной температуре T_1 , изотермически.

2-я стадия. Рабочее тело изолируется от источника, тепло не поступает и не уходит из системы. То есть количество теплоты не поглощается и не тратится. Говорят, что процесс на 2-й стадии протекает адиабатически, то есть без теплообмена. При этом рабочее тело продолжает расширяться, и работа по его расширению происходит за счет резервов внутренней энергии рабочего тела. Внутренняя энергия рабочего тела при его расширении уменьшается, и рабочее тело охлаждается. Такое адиабатическое расширение рабочего тела продолжается до тех пор, пока температура его не станет равной температуре холодильника.

3-я стадия. И вот тут-то рабочее тело с температурой T_2 подается в холодильник с такой же температурой T_2 . Опять достигается экономия: теплота не растрачивается зря, так как нет переноса тепла между рабочим телом и холодильником, связанного с разностью их температур. Тем не менее, рабочее тело отдает некоторое количество теплоты Q_2 холодильнику, вследствие чего уменьшается объем рабочего тела, оно сжимается. Процесс сжатия рабочего тела необходим для обеспечения цикличности работы машины, ибо при этом уменьшается объем рабочего тела. Вспомним, что в нагреватель на 1-й стадии рабочее

тело поступало с меньшим объемом и только потом расширилось, совершая работу.

4-я стадия. И, наконец, на 4-й стадии рабочее тело адиабатически сжимается до первоначального объема. При этом внутренняя энергия его увеличивается. Процесс этот продолжается до тех пор, пока температура рабочего тела не становится равной температуре нагревателя T_1 .

Итак, цикл оказывается обратимым. Две изотермические стадии (1-я и 3-я) при постоянных температурах (соответственно, T_1 — на 1-й стадии и T_2 — на 3-й стадии) связаны между собой двумя адиабатическими стадиями.

И хотя Сади Карно не определил величину КПД идеальной обратимой машины, и сама его книга «О движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» содержит в себе всего 45 страниц, основные принципы, выдвинутые автором в этом труде оказались фундаментальным вкладом в генезис и развитие термодинамики. Карно пришел к совершенно верному выводу о том, что КПД идеальной машины зависит только от температур нагревателя и холодильника, а КПД любой другой машины всегда меньше КПД идеальной тепловой машины.

Уже после смерти Сади Карно, в 1850 году, Клаузиус дал новое строго математическое описание цикла Карно с точки зрения сохранения энергии. Согласно I началу термодинамики количество теплоты, отдаваемое рабочим телом холодильнику Q_2 , должно быть меньше количества теплоты, взятого у нагревателя Q_1 на величину произведенной работы:

$$A = Q_1 - Q_2.$$

Напомним, что анализ Карно, основанный на представлениях о теплороде, предполагает равенство Q_1 и Q_2 .

Клаузиус определяет, что при работе тепловой машины не все количество теплоты, взятое у нагревателя, передается холодильнику. Часть этой теплоты превращается в работу, совершаемую машиной. Однако одного первого начала термодинамики недостаточно для объяснения работы тепловой машины. Клаузиус показал, что объяснение превращения теплоты в работу основывается еще на одном принципе, сформулированном Карно, утверждающим, что в любом непрерывном процессе превращения теплоты от го-

рячего нагревателя в работу непременно должна происходить отдача теплоты холодильнику. Таким образом, имеет место общее свойство теплоты, заключающееся в том, что теплота «всегда обнаруживает тенденцию к уравниванию температурной разницы путем перехода от теплых тел к холодным». Это положение Клаузиус предлагает назвать «вторым основным положением механической теории теплоты».

В 1852 году Уильям Томсон пришел к аналогичным выводам. Он указал на существование в природе универсальной тенденции к деградации механической энергии. Значение работ Клаузиуса и Томсона трудно переоценить. Фактически они объединили при анализе работы тепловой машины две концепции: концепцию Майера, Джоуля, Кольдинга о сохранении энергии и принцип Карно, утверждающий зависимость КПД машины от разности температур нагревателя и холодильника. Тем самым, были утверждены I и II начала термодинамики.

Взяв оба эти начала за исходные, Клаузиус получил выражение для КПД идеальной тепловой машины:

$$\begin{aligned} \text{КПД} &= \frac{(T \text{ нагревателя} - T \text{ холодильника})}{T \text{ нагревателя}} = \\ &= \frac{(T_1 - T_2)}{T_1} \end{aligned}$$

и показал, что КПД любой тепловой машины должен быть меньше или равен КПД идеальной машины:

$$\text{КПД любой машины} \leq (T_1 - T_2)/T_1.$$

Это утверждение также является одной из формулировок II начала термодинамики.

Итак,

$$\begin{aligned} A/Q_1 &\leq (T_1 - T_2)/T_1, \\ (Q_1 - Q_2) &\leq (T_1 - T_2)/T_1. \end{aligned}$$

4.2. Понятие энтропии

Для идеальной машины Карно справедливо, что

$$(Q_1 - Q_2)/Q_1 = (T_1 - T_2)/T_1.$$

Отсюда получается равенство

$$Q_1/T_1 = Q_2/T_2 \text{ или } Q_1/T_1 - Q_2/T_2 = 0.$$

Так как количество теплоты Q_2 отдается холодильнику, его надо взять со знаком «минус». Следовательно, получаем выражение

$$Q_1/T_1 + Q_2/T_2 = 0.$$

Будем писать ΔQ вместо Q , подчеркивая, что речь идет о порции ΔQ_1 , полученной рабочим телом от нагревателя, и порции ΔQ_2 , потерянной им в холодильнике.

$$\Delta Q_1/T_1 + \Delta Q_2/T_2 = 0.$$

Полученное выражение напоминает закон сохранения, а это, в свою очередь, не может не привлечь внимания к величине $\Delta Q/T$.

В 1865 году Клаузиус ввел новое понятие «энтропия» (entropia — от греч. «поворот», «превращение»). Клаузиус посчитал, что существует некоторая величина S , которая, подобно энергии, давлению, температуре, характеризует состояние газа. Когда к газу подводится некоторое количество теплоты ΔQ , то энтропия S возрастает на величину, равную

$$\Delta S = \Delta Q/T.$$

В предыдущей главе говорилось о том, что в течение длительного времени ученые не делали различий между такими понятиями, как температура и теплота. Однако ряд явлений указывал на то, что эти понятия следует различать. Так, при таянии льда теплота расходуется, а температура льда не изменяется в процессе плавления. После введения Клаузиусом понятия энтропии стало понятно, где пролегает граница четкого различения таких понятий, как теплота и температура. Дело в том, что нельзя говорить о каком-то количестве теплоты, заключенном в теле. Это понятие не имеет смысла. Теплота может передаваться от тела к телу, переходить в работу, возникать при трении, но при этом она не является сохраняющейся величиной. Поэтому теплота определяется в физике не как вид энергии, а как **мера изменения энергии**. В то же время введенная Клаузиусом энтропия оказалась величиной, сохраняющейся в обратимых процессах. Это означает, что энтропия системы может рассматриваться как функция состояния системы, ибо изменение ее не зависит от вида процесса, а определяется только начальным и конечным состояниями.

ми системы. Покажем, что в идеальном цикле Карно энтропия сохраняется.

Рассмотрим величину δQ , которая означает бесконечно малое приращение теплоты, настолько малое, что состояние системы характеризуется одним и тем же значением температуры, неизменным по всему объему рассматриваемой системы. То есть предполагается, что система во все моменты времени находится в тепловом и механическом равновесии, и любое изменение ее состояния складывается из последовательности равновесных состояний, каждое из которых лишь бесконечно мало отличается от предшествующего. Именно такой характер поведения системы реализуется в обратимых процессах.

Если процесс обратимый, как в круговом цикле Карно, то

$$\Delta Q_1/T_1 + \Delta Q_2/T_2 = 0.$$

Из этого соотношения следует, что энтропия рабочего тела на 1-й стадии возрастает ровно настолько, насколько она уменьшается на 3-й стадии. На 2-й и на 4-й стадиях энтропия рабочего тела не изменяется, так как процессы здесь протекают адиабатически, без теплообмена.

Иными словами, в случае обратимых п р о ц е с с а $\Delta S = 0$, то есть

$S = \text{const}$ — энтропия изолированной системы в случае обратимых процессов постоянна.

При необратимых процессах получаем закон возрастания энтропии:

$$\Delta S > 0.$$

Для того чтобы осуществить обратимый процесс, необходимо, как это уже упоминалось, добиться очень медленного расширения или сжатия рабочего тела, чтобы изменения системы представляли собой последовательность равновесных состояний. В таком цикле совершение какой-либо полезной работы потребует бесконечно большого времени. Чтобы получить работу в короткие промежутки времени, то есть хорошую мощность, приходится нарушать условия идеального цикла. А это сразу приведет к неравновесности температуры на разных участках системы, к потокам тепла от более горячих участков к менее горячим, то есть к возрастанию энтропии системы.

Для описания термодинамических процессов I начала термодинамики оказывается недостаточно, ибо I начало

термодинамики не позволяет определить направление протекания процессов в природе. Тот факт, что энтропия изолированной системы не может убывать, а только возрастает и достигает максимального значения в равновесном состоянии, является отражением того, что **в природе возможны процессы, протекающие только в одном направлении — в направлении передачи тепла только от более горячих тел менее горячим.**

Существуют различные формулировки II начала термодинамики. Все они являются эквивалентными. Приведем некоторые из них:

1. *Невозможны такие процессы, единственным конечным результатом которых был бы переход тепла от тела, менее нагретого, к телу, более нагретому.*

В природе возможны процессы, протекающие только в одном направлении — в направлении передачи тепла только от более горячих тел менее горячим.

2. *КПД любой тепловой машины всегда меньше 100 %, то есть невозможен вечный двигатель (перпетуум-мобиле) II рода (так как невозможно построить тепловую машину, работающую не за счет перепада теплоты, а за счет теплоты одного нагревателя).*

КПД любой реальной тепловой машины всегда меньше КПД идеальной тепловой машины.

3. *Энтропия изолированной системы при протекании необратимых процессов возрастает, ибо система, предоставленная самой себе, переходит из менее вероятного состояния в более вероятное. Энтропия системы, находящейся в равновесном состоянии, максимальна и постоянна ($\Delta S \geq 0$).*

Эту последнюю формулировку требуется обсудить более подробно.

4.3. Энтропия и вероятность

В основе термодинамики лежит различие между двумя типами процессов — обратимыми и необратимыми.

Понятие энтропии позволяет отличать в случае изолированных систем обратимые процессы (энтропия максимальна и постоянна) от необратимых процессов (энтропия возрастает).

Благодаря работам великого австрийского физика Людвиг Больцмана, это отличие было сведено с макроскопического уровня на микроскопический. Состояние макроскопического тела (системы), заданное с помощью макропараметров (параметров, которые могут быть измерены макроприборами — давлением, температурой, объемом и другими макроскопическими величинами, характеризующими систему в целом), называют макросостоянием.

Состояние макроскопического тела, охарактеризованное настолько подробно, что оказываются заданными состояния всех образующих тело молекул, называется микросостоянием.

Всякое макросостояние может быть осуществлено различными способами, каждому из которых соответствует некоторое микросостояние системы. Число различных микросостояний, соответствующих данному макросостоянию, называется статистическим весом W , или термодинамической вероятностью макросостояния. Попробуем разобраться в этом.

Мы знаем, что весь окружающий мир состоит из молекул и атомов. Поместим в некоторый сосуд с теплоизолированными стенками некоторое количество газа, число молекул которого равно N . Выделим какую-либо одну молекулу. Предположим, что каким-либо образом мы можем ее пометить, скажем, можем окрасить ее в зеленый цвет. Если бы мы могли это сделать, то получили бы возможность отличать ее от других молекул и тем самым отследить ее поведение в данном объеме. Наблюдая за этой молекулой, мы очень скоро убедимся, что она может занимать любое положение в сосуде. Причем положение ее в любое мгновение оказывается случайным.

Теперь разделим наш объем на две половины. Мы увидим, что наша молекула, беспорядочно блуждая, постоянно натываясь (сталкиваясь) с другими молекулами, пробудет в одной из половинок сосуда ровно половину времени, в течение которого мы за ней наблюдаем. В этом случае, говорят, что вероятность ее пребывания в одной из половинок сосуда равна $1/2$. Если мы будем наблюдать уже за двумя мечеными молекулами, то вероятность того, что мы обнаружим сразу обе молекулы в одной из половинок сосуда, окажется равной произведению вероятностей каждой

молекулы $1/2 \cdot 1/2 = 1/4$. Аналогично для трех молекул эта вероятность равна $(1/2)^3$, а для N молекул — $(1/2)^N$. В 29 граммах воздуха, например, содержится число молекул N , равное $6,023 \cdot 10^{23}$. Соответственно, вероятность нахождения сразу всех молекул в одной половине объема сосуда $(1/2)^N$ ничтожно мала. Такое событие является маловероятным. Нам это и не кажется странным. Странным было бы, если бы в одной комнате все молекулы воздуха вдруг в некоторый момент времени собрались бы в одной ее половине, а в другой половине оказалось бы безвоздушное пространство. И если бы мы не успели или не догадались, что надо срочно перепрыгнуть в нужную половину комнаты, то умерли бы от кислородного голодания. Мы знаем, что такое событие является маловероятным. Вероятность же того, что все молекулы находятся во всем объеме данного сосуда, максимальна и примерно равна единице. Состояние это может реализовываться наибольшим числом способов, когда любая из молекул может находиться в любой точке пространства сосуда. В этом случае статистический вес, то есть число способов, которым может быть реализовано это состояние, максимальный.

Пусть в некоторый момент времени нам удалось загнать все молекулы с помощью диафрагм (перегородок) в правую верхнюю часть сосуда. Остальные $3/4$ объема сосуда оставались при этом пустыми. Далее уберем диафрагмы и увидим, что молекулы заполнят весь объем сосуда, то есть перейдут из состояния с меньшей вероятностью в состояние с большей вероятностью. То есть процессы в системе идут только в одном направлении: от некоторой структуры (порядка, когда все молекулы содержались в верхнем правом углу объема сосуда) к полной симметрии (хаосу, беспорядку, когда молекулы могут занимать любые точки пространства сосуда).

Больцман первым увидел связь между энтропией и вероятностью. При этом он понял, что энтропия должна выражаться через логарифм вероятности. Ибо если мы рассмотрим, скажем, две подсистемы одной системы, каждая из которых характеризуется статистическим весом, соответственно W_1 и W_2 , полный статистический вес системы равен произведению статистических весов подсистем:

$$W = W_1 \cdot W_2,$$

в то время как энтропия системы S равна сумме энтропии подсистем:

$$S = S_1 + S_2,$$
$$\ln W = \ln (W_1 \cdot W_2) = \ln W_1 + \ln W_2.$$

Больцман связал понятие энтропии S с $\ln W$. В 1906 году Макс Планк написал формулу, выражающую основную мысль Больцмана об интерпретации энтропии как логарифма вероятности состояния системы:

$$S = k \ln W$$

Коэффициент пропорциональности k был рассчитан Планком и назван постоянной Больцмана. Формула « $S = k \ln W$ » выгравирована на памятнике Больцману на его могиле в Вене.

Идея Больцмана о вероятностном поведении отдельных молекул явилась развитием нового подхода при описании систем, состоящих из огромного числа частиц, впервые развитого Максвеллом. Максвелл пришел к пониманию того, что в этих случаях физическая задача должна быть поставлена иначе, чем в механике Ньютона. Очевидно, что наш пример с мечеными молекулами сам по себе неосуществим, ибо в принципе невозможно проследить в течение значительного интервала времени за движением отдельной молекулы. Невозможно также определить точно координаты и скорости всех молекул макроскопического тела одновременно в данный момент времени. Задачу следует ставить иначе, а именно — попытаться найти вероятность того, что данная молекула обладает таким-то значением скорости. Максвелл ввел для описания случайного характера поведения молекул понятие вероятности, вероятностный (статистический закон). Используя новый подход, Максвелл вывел закон распределения числа молекул газа по скоростям. Этот закон вызвал длительную дискуссию, длившуюся десятилетия вплоть до изготовления молекулярных насосов, позволивших произвести экспериментальную проверку закона. В 1878 году Больцман, как уже говорилось, применил понятие вероятности, введенное Максвеллом, и показал, что второй закон термодинамики также является следствием более глубоких статистических законов поведения большой совокупности частиц.

Таким образом, с развитием статистической физики и термодинамики на место причинных динамических законов

становятся статистические законы, позволяющие предвидеть эволюцию природы не с абсолютной достоверностью, а лишь с большой степенью вероятности.

4.4. Порядок и хаос. Стрела времени

Точка зрения Больцмана означала, что необратимое возрастание энтропии в изолированной системе, которая не обменивается энергией с окружающей средой, следует рассматривать как проявление все увеличивающегося хаоса, постепенного забывания начальной асимметрии, ибо асимметрия приводит к уменьшению числа способов, которыми может быть осуществлено данное макросостояние, то есть к уменьшению термодинамической вероятности W . Так что любая изолированная система самопроизвольно эволюционирует в направлении забывания начальных условий, в направлении перехода в макроскопическое состояние с максимальной W , соответствующего состоянию хаоса и максимальной симметрии. При этом энтропия возрастает, что соответствует самопроизвольной эволюции системы. Закон этот обойти нельзя, возрастание энтропии является платой за любой выигрыш в работе, оно присутствует во всех физических явлениях. В состоянии теплового равновесия энтропия достигает своего максимального значения. Иными словами, в равновесном состоянии существует состояние молекулярного хаоса, что означает полное забвение системой своего начального состояния, несохранения системой информации о своем прошлом.

По словам Эддингтона, возрастание энтропии, определяющее необратимые процессы, есть «стрела времени». Для изолированной системы будущее всегда расположено в направлении возрастания энтропии. Это и отличает будущее от настоящего, а настоящее от прошлого. То есть возрастание энтропии определяет направление, стрелу времени. Энтропия же возрастает по мере увеличения беспорядка в системе. Поэтому любая изолированная физическая система обнаруживает с течением времени тенденцию к переходу от порядка к беспорядку. Старая концепция движения, которая не обращала должного внимания на необратимые процессы, по существу, описывала движение как постоянное повторение одного и того же круга превращений. Сфор-

мулировав II начало термодинамики, Клаузиус проводит четкую границу между движением как повторением и движением как необратимым процессом. «Часто приходится слышать, — пишет он, — что все в мире происходит в замкнутом круге... Когда первый основной принцип механической теплоты был сформулирован, его, пожалуй, можно было счесть за блестящее подтверждение вышеупомянутого мнения... Но второй основной принцип механической теплоты противоречит этому мнению решительным образом... Отсюда вытекает, что состояние Вселенной должно все более и более изменяться в определенном направлении»¹².

4.5. «Демон Максвелла»

С возникновением термодинамики в физике сложилась весьма щекотливая ситуация. Дело в том, что законы ньютоновской классической механики являются обратимыми. Это своим следствием содержит тот факт, что в классической динамической системе всегда можно, варьируя начальные условия, привести систему в определенное, «нужное», заранее выбранное состояние. Иными словами, жесткая детерминированность законов классической физики, отсутствие в ней элементов вероятности, случайности определяют возможность воздействия на систему, управления системой. Наиболее ярким примером подобного детерминированного описания может служить «демон Лапласа».

Второе начало термодинамики указывает на то обстоятельство, что вследствие необратимого характера протекания процессов в термодинамических системах, они не могут быть управляемыми до конца. И. Пригожин и И. Стенгерс очень образно выразили этот факт словами: «Необратимое увеличение энтропии описывает приближение системы к состоянию, неодолимо «притягивающему» ее, предпочитаемому ею перед другими, — состоянию, из которого система не выйдет по «доброй воле»¹³.

Однако II начало термодинамики справедливо для системы с большой совокупностью частиц. На это обстоятельство особенно обращал внимание Максвелл, говоря о том, что в системах с малым количеством объектов следствием статистических законов должно стать нарушение

второго начала термодинамики. И если бы существовало такое существо («демон Максвелла»), которое обладало бы способностью видеть, следить за каждой молекулой, отбирать отдельные молекулы, то оно могло бы нарушить закон возрастания энтропии. Так, если бы это существо отбирало бы самые быстрые молекулы и перекладывало бы их во второй сосуд, то в первом сосуде газ охлаждался бы, а во втором нагревался. Так что с помощью демона Максвелла можно было бы нагревать газ во втором сосуде без расхода энергии, просто за счет умелого деления молекул газа на две части. С точки зрения классической механики, если рассматривать молекулы в качестве материальных точек, здесь не возникает никакого парадокса. Сам Максвелл считал, что если в макроскопической теории следует оперировать усредненными величинами и статистическими закономерностями, что отличает это описание от описания, принятого в классической механике, то для микропроцессов такого различия не требуется: здесь тепловые и механические явления тождественны по своей сути.

Разрешение парадокса с демоном Максвелла было дано Сциллардом в 1928 году. Демон, для того, чтобы осуществлять наблюдение за молекулами, должен иметь размеры, ненамного превышающие размеры самих молекул. Но при этом те молекулы (небольшое количество их, составляющих самого демона) все время сами будут пребывать в хаотическом движении. Чтобы исключить хаотическое движение самого демона, надо все время поддерживать его при очень низкой температуре. Вот и получается, что для подавления собственного хаотического движения демона, его собственных флуктуации требуется не меньше энергии, чем демон мог бы раздобывать, неумолимо работая по разделению быстрых (горячих) молекул и медленных (холодных).

4.6. Проблема тепловой смерти Вселенной. Флуктуационная гипотеза Больцмана

Дальнейшее развитие принципа необратимости, принципа возрастания энтропии состояло в распространении этого принципа на бесконечную Вселенную в целом. Уильям Томсон экстраполировал принцип возрастания энтропии на крупномасштабные процессы, протекающие в

природе. Клаузиус распространил этот принцип на Вселенную в целом, что привело его к гипотезе о тепловой смерти Вселенной. Все физические процессы протекают в направлении передачи тепла от более горячих тел к менее горячим; это означает, что медленно, но верно идет процесс выравнивания температуры во Вселенной. Следовательно, будущее вырисовывается перед нами в достаточно трагических тонах: исчезновение температурных различий и превращение всей мировой энергии в теплоту, равномерно распределенную во Вселенной. Отсюда Клаузиус делает вывод о том, что: «1. Энергия мира постоянна. 2. Энтропия мира стремится к максимуму».

Экстраполяционный вывод о грядущей тепловой смерти Вселенной, означающий прекращение каких-либо физических процессов вследствие перехода Вселенной в равновесное состояние с максимальной энтропией, на протяжении всего дальнейшего развития привлекает внимание ученых, так как затрагивает как глубинные проблемы чисто научного характера, так и философско-мировоззренческие, ибо указывает определенную верхнюю границу возможности существования человечества. С научной точки зрения возникают проблемы правомерности следующих экстраполяции, высказанных Клаузиусом:

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

Проблемы эти представляют несомненную трудность и для современной физической теории. Решение их следует искать в общей теории относительности и развивающейся на ее основе современной космологии. Многие теоретики считают, что в общей теории относительности мир как целое должен рассматриваться «не как замкнутая система, а как система, находящаяся в переменном гравитационном поле; в связи с этим применение закона возрастания энтропии не приводит к выводу о необходимости статистического равновесия»¹⁴.

Проблему будущего развития Вселенной пытался разрешить Больцман, применивший к замкнутой Вселенной понятие флуктуации. Под флуктуацией физической вели-

чины понимается отклонение истинного значения величины от ее среднего значения, обусловленное хаотическим тепловым движением частиц системы. Больцман принял ограничение Максвелла, согласно которому для небольшого числа частиц II начало термодинамики не должно применяться, ибо в случае небольшого числа молекул нельзя говорить о состоянии равновесия системы. При этом он использует это ограничение для Вселенной, рассматривая видимую часть Вселенной как небольшую область бесконечной Вселенной. Для такой небольшой области допустимы флуктуационные отклонения от равновесия, благодаря чему в целом исчезает необратимая эволюция Вселенной в направлении к хаосу. Идея эволюции, результатом которой явились бы самоорганизация материи, возникновение огромной палитры многообразных красок физической реальности, неотразимо влекла Больцмана. Больцман назвал XIX век, век величайших открытий в области физики, **веком Дарвина**, подчеркивая особое значение эволюционной теории Дарвина. Если эволюционная теория Дарвина — это путь от спонтанных флуктуаций видов, после чего наступает отбор и необратимая биологическая эволюция в сторону возникновения и возрастания сложности, то в физике, согласно II началу термодинамики, картина обратная: необратимость приводит к забыванию начальных условий и разрушению порядка. Со времен Дарвина идея эволюции и самоорганизации целиком относилась к живым организмам. Больцман поставил своей целью не просто описывать состояние равновесия, но и создать теорию эволюции системы к равновесию. При этом он пытался соединить II начало термодинамики с динамикой, вывести «необратимость» из динамики. Флуктуационная гипотеза Больцмана как раз является развитием этих его целеустремлений. Как отмечают авторы: «Его мечтой было стать Дарвином эволюции материи»¹⁵. При формулировании флуктуационной гипотезы Больцман исходил из допущения, что бесконечная Вселенная уже достигла состояния термодинамического равновесия. Но вследствие статистического характера принципа возрастания энтропии для небольших областей этой бесконечной Вселенной возможны макроскопические отклонения от состояния равновесия — флуктуации. «Имеется выбор между двумя пред-

ставлениями, — пишет Больцман. — Можно предположить, что вся Вселенная сейчас находится в некотором весьма невероятном состоянии. Но можно мыслить зоны — промежутки времени, по истечении которых снова наступают невероятные события, — такими же крошечными по сравнению с продолжительностью существования Вселенной, как расстояние от Земли до Сириуса ничтожно по сравнению с ее размерами.

Тогда во всей Вселенной (которая в противном случае повсюду находилась бы в тепловом равновесии, т. е. была бы мертвой) имеются относительно небольшие участки (мы будем называть их отдельными мирами), которые в течение относительно небольших по сравнению с эоном промежутков времени значительно отклоняются от теплового равновесия, а именно: среди этих миров одинаково часто встречаются состояния, вероятности которых возрастают и уменьшаются. Таким образом, для Вселенной в целом два направления времени являются неразличимыми, так как в пространстве нет верха и низа. Но точно так же, как мы в некотором определенном месте земной поверхности называем «низом» направление к центру Земли, так и живое существо, которое находится в определенной временной фазе одного из таких отдельных миров, назовет направление времени, ведущее к более невероятным состояниям, по-другому, чем противоположное (первое — как направление к «прошлому», к началу, последнее — к «будущему», к концу), и вследствие этого названия будет обнаруживать «начало» для этих малых областей, выделенных из Вселенной, всегда в некотором невероятном состоянии.

Этот метод представляется мне единственным, с помощью которого можно осмыслить второе начало, тепловую смерть каждого отдельного мира без того, чтобы предполагать одностороннее изменение всей Вселенной от некоторого определенного начального состояния к некоторому итоговому конечному состоянию»¹⁶.

К сожалению, мечта Больцмана не сбылась в полной мере; ему не удалось найти ключ к объединению динамики и II начала термодинамики, а предлагаемая флуктуационная модель эволюции Вселенной имела всего лишь характер гипотезы *ad hoc* и при этом очень большое число оппонентов.

Скептическое отношение многих ученых к атомистической теории Больцмана (сам он был убежден в том, что отстаиваемое им учение об атомах завоюет признание через много десятков лет), трудности с определением роли Π начала термодинамики в системе естествознания, возможно, и ряд других причин привели этого замечательного ученого к трагическому концу. В 1906 году он покончил жизнь самоубийством.

XX век вносит свои коррективы в проблемы самоорганизации сложных систем и формирует новое междисциплинарное направление — синергетику, в рамках которой мы и попытаемся рассмотреть эволюцию Вселенной.

4.7. Синергетика. Рождение порядка из хаоса

Понятие хаоса играло немаловажную роль на протяжении всей истории развития человеческой мысли. С хаосом связывались представления о гибельном беспорядке, о неразличимой пучине, зияющей бездне. Собственно, такое представление является наиболее распространенным и в обыденной жизни. Тем не менее, идея первичного хаоса, из которого потом все родилось, также достаточно распространена в древних мифах, в восточной философии, в учениях древних греков. И в ведийских «Ригведах», и в учении Платона мы встречаемся с мыслью о превращении изначального Хаоса в Космос, о возникновении из него «жизнедеятельного». Эти представления очень созвучны современному развитию естествознания. Начиная с 70-х годов нашего века бурно развивается направление, называемое «синергетикой», в фокусе внимания которого оказываются сложные системы с самоорганизующимися процессами, системы, в которых эволюция протекает от хаоса к порядку, от симметрии ко все возрастающей сложности.

Синергетика в переводе с греческого языка означает «содружество, коллективное поведение». Термин этот впервые был введен Хакеном. Как новационное направление в науке, синергетика возникла, в первую очередь, благодаря выдающимся достижениям И. Пригожина в области неравновесной термодинамики. Им было показано, что в неравновесных открытых системах возможны эффекты, приводящие не к возрастанию энтропии и стремлению термо-

динамических систем к состоянию равновесного хаоса, а к «самопроизвольному» возникновению упорядоченных структур, к рождению порядка из хаоса.

Процессы, протекающие в различных явлениях природы, следует разделять на два класса. К первому классу относятся процессы, протекающие в замкнутых системах. Они развиваются в направлении возрастания энтропии и приводят к установлению равновесного состояния в системах. Ко второму классу относятся процессы, протекающие в открытых системах. В соответствующие моменты — моменты неустойчивости — в них могут возникать малые возмущения, флуктуации, способные разрастаться в макроструктуры. Таким образом, хаос и случайности в нем могут выступать в качестве активного начала, приводящего к развитию новых самоорганизаций. Таким образом, флуктуационная гипотеза Больцмана на современном витке развития науки получает в некотором смысле «оправдание» и «право на жизнь». Одним из важнейших результатов, полученных Пригожиным, его школой и последователями, является новый подход к анализу сложных явлений. Во-первых, самоорганизация в сложных системах свидетельствует о невозможности установления жесткого контроля за системой. То есть самоорганизующейся системе нельзя навязать путь развития. Управление такой системой может рассматриваться лишь как содействие собственным тенденциям развития системы, с учетом присущих ей элементов саморегуляции. Во-вторых, для самоорганизующихся систем существует несколько различных путей развития. В равновесном или слаборавновесном состоянии в системе существует только одно стационарное состояние, которое зависит от некоторых управляющих параметров. Изменение этих управляющих параметров будет уводить систему из равновесного состояния. В конце концов, вдали от равновесия система достигает некоторой критической точки, называемой точкой бифуркации. Начиная с этого момента на дальнейший ход эволюции системы могут оказывать воздействия даже ничтожно малые флуктуации, которые в равновесном состоянии системы попросту неразличимы. Поэтому невозможно точно предсказать, какой путь эволюции выберет система за порогом бифуркации. В параграфе 6 главы 7 этой книги будет рас-

смотрен сценарий эволюций Вселенной через призму синергетики. Следует отметить высокий темп идей и открытий при описании синергетических явлений во всех отраслях науки. Важное значение синергетики состоит в том, что она указывает границы применимости II начала термодинамики и, более того, делает его элементом более широкой теории необратимых процессов, в которой предполагается естественное описание с единой точки зрения обоих классов явлений природы.

Вопросы для самоконтроля

1. Может ли тепловая машина, работающая по циклу Карно, быть необратимой? Сформулируйте достаточные условия обратимости такой машины.

2. Какая система играет, в конечном счете, роль холодильника в тех тепловых машинах, которые используются человеком? Какие проблемы глобального характера при этом возникают?

3. Что является нагревателем, а что холодильником в ракетном двигателе?

4. Покажите эквивалентность формулировок II начала термодинамики.

5. Укажите причины, вследствие которых невозможно построение вечных двигателей первого и второго рода?

6. Макроскопическая система состоит из трех макроскопических подсистем со статистическими весами W_1 , W_2 и W_3 . Чему равен статистический вес W и энтропия S всей системы?

7. В чем состоит статистический смысл понятия «энтропия»?

8. Как вы понимаете выражение «стрела времени»?

9. Приведите аргументы, разрешающие парадокс «демона Максвелла».

10. Приведите примеры самоорганизации, синергетического поведения систем, известные вам из истории науки, истории развития человеческого общества.

I Элементы квантовой физики

5.1. Развитие взглядов на природу света.

Формула Планка

Вторым «темным облачком» на ясном небосклоне физики XIX–XX веков (см. 2.3) было серьезное расхождение между теорией и экспериментом при исследовании законов теплового излучения абсолютно черного тела. Абсолютно черное тело — это идеализированное тело, полностью поглощающее упавшее на него излучение всех частот. В качестве примера, близкого к понятию абсолютно черного тела, можно привести зрачок глаза. Тепловое излучение — свечение тел, обусловленное тепловым хаотическим движением молекул, связанное с переходом энергии теплового движения в электромагнитную волну. Это самый распространенный вид излучения, существующий при любой температуре. Иными словами, это свечение тел, обусловленное их нагреванием. В отличие от теплового излучения, люминесценция представляет собой вид излучения, избыточный над тепловым, обусловленный другими процессами. Только тепловое излучение является равновесным. Для того чтобы пояснить это, представим себе тело, способное испускать и поглощать энергию. Окружим его непроницаемой оболочкой с идеально отражающей поверхностью, то есть заключим тело в замкнутую полость. Предположим, что температура тела в начальный момент отличалась от температуры полости, скажем, была несколько больше. Тело будет излучать энергию; отраженное оболочкой излучение, упав на тело, вновь поглотится им. В результате процессов поглощения и излучения с течением времени температура тела станет равна температуре полости, то есть система придет в состояние термодинамического равновесия, характеризуемого равновесием между поглощаемой и излучаемой в единицу времени энергией. Состояние равновесия определяется функцией, характеризующей распределение плотности энергии излучения, заключенного в этой полости, по всевозможным частотам излучения (при постоянной температуре). Перед физиками встала задача нахождения вида этой функции на базе законов классиче-

ской физики. К равновесным процессам применимы законы термодинамики и, кроме этого результаты, полученные в электродинамике, позволяли делать попытки в этом направлении. В конце концов Рэлеем был получен точный закон распределения плотности энергии излучения абсолютно черного тела по частотам, который тем не менее не соответствовал экспериментальным данным. Именно на это обстоятельство указывал Томсон, говоря о «втором темном облачке». Согласно закону Рэлея, функция должна монотонно возрастать с увеличением частоты, в то время как из эксперимента было хорошо известно, что с увеличением частоты эта функция вначале растет, а затем, начиная с некоторой частоты, соответствующей максимуму плотности энергии, падает. При условии, что частота стремится к бесконечности, эта функция стремится к нулю. Проблема была решена в 1900 году Максом Планком, высказавшим идею, которая впоследствии перевернула казавшиеся незыблемыми представления ученых о характере физических законов и открыла новую эру в физике.

Вся классическая физика строится, исходя из представления о непрерывной природе пространства, времени, движения, непрерывного характера изменения всех физических величин. Эта континуалистская методология, берущая свое начало от понимания движения Аристотелем, сыграла свою важную роль в развитии математической физики, в частности, в создании дифференциального и интегрального исчисления. Соответственно, при выводе закона Рэлей и Джинс руководствовались представлением о непрерывном характере излучения. Гениальная гипотеза, высказанная Планком, постулирует, что **вещество не может излучать или поглощать энергию иначе, как конечными порциями (квантами), пропорциональными излучаемой (или поглощаемой) частоте. Энергия одной порции (кванта) $E = h \nu$** , где ν — частота излучения, а h — некоторая универсальная константа, получившая название постоянной Планка.

Исходя из этой гипотезы, Планк получил новый закон распределения спектральной плотности энергии излучения абсолютно черного тела, дающий полное согласие с экспериментом.

Вся важность открытия Планка была осознана не сразу. Однако уже было готово явление, которое оказалось

возможным объяснить только с использованием высказанной Планком идеи. Это явление фотоэффекта, законы которого также находились в противоречии с тем, чего ожидала классическая физика. В 1905 году А. Эйнштейн обратил внимание на то, что явление фотоэффекта указывает на дискретную природу света в соответствии с гипотезой Планка. При этом дискретная природа света проявляется не только в актах испускания или поглощения, но и при свободном распространении излучения в пространстве с течением времени. Иными словами, свет — это поток корпускул, квантов. Эйнштейн назвал кванты света фотонами. В 1923 году было открыто еще одно явление, подтверждающее существование фотонов — эффект Комптона.

Итак, свет — поток квантов. В физике вновь складывается сложная ситуация. Как все же понимать свет, ведь волновая природа света надежно установлена? Напомним, что на природу света в истории науки существовали две точки зрения. Одна из них, поддерживаемая авторитетом Ньютона, рассматривала свет как поток упругих корпускул. Вторая точка зрения, отстаиваемая Декартом, а впоследствии Гюйгенсом, рассматривала свет как механическую волну, распространяющуюся в упругой среде — эфире. До начала XIX века господство одерживала первая точка зрения. Однако с 1801 года ситуация резко изменилась в связи с установлением Т. Юнгом явления интерференции на двух щелях. опыты Юнга были продолжены Френелем, который дал объяснение явлениям интерференции и дифракции, исходя из представлений о волновой природе света. Таким образом, к середине XIX века не было никаких сомнений по поводу того, что свет является волной. Открытие Максвеллом электромагнитной природы света только укрепило эту уверенность. Специальная теория относительности не подвергала критическому пересмотру эту точку зрения. Отметим, что классическая физика исходит из коренного различия между понятиями частицы и волны. Считается, что частица обладает конечным числом степеней свободы, строгой траекторией движения, отсутствием интерференции и дифракции. Волна же обладает бесконечным числом степеней свободы, бестраекторностью, ибо каждая точка пространства, куда приходит возбуждение, сама становится источником вторичных волн.

Явление интерференции и дифракции — не что иное, как наложение друг на друга когерентных волн; то есть эти явления отражают волновую природу конкретных материальных объектов. Открытие Планка не перечеркивало ряд эффектов, в которых свет проявляет свои волновые свойства. Но при этом были открыты явления, свидетельствующие о корпускулярной природе света. Таким образом, заговорили о корпускулярно-волновом дуализме света: в одних ситуациях свет ведет себя как волна; а в других ситуациях, не совместимых с первыми в одном и том же эксперименте, свет ведет себя как поток фотонов. Остановимся подробнее на понятии фотона.

5.2. Энергия, масса и импульс фотона

Фотон обладает энергией $E = h\nu$. Согласно теории относительности, частица с энергией E обладает массой $m = E/c^2$. Фотон — частица, движущаяся со скоростью света c . При движении фотона его масса, как видно из приведенных формул, конечна. Однако подстановка в формулы специальной теории относительности значения скорости движущегося объекта $V=c$ приведет к равенству нулю массы покоя фотона. То есть фотон существенно отличается от обычных известных к тому времени в физике частиц, так как не имеет массы покоя и может существовать только в движении. Из равенства вышеприведенных формул получим:

$$h\nu = mc^2.$$

Импульс фотона $P = mc$ следовательно, равен:

$$P = h\nu/c = h/\lambda,$$

где λ — длина волны.

5.3. Гипотеза де Бройля.

Волновые свойства вещества

Основополагающей в квантовой механике является идея о том, что корпускулярно-волновая двойственность свойств, установленная для света, имеет универсальный характер. В 1924 году Луи де Бройль распространил идею о двойственной корпускулярно-волновой природе света на

все материальные объекты, введя представление о волнах, названных волнами де Бройля. Все частицы, обладающие конечным импульсом P , обладают волновыми свойствами, и их движение сопровождается некоторым волновым процессом. Де Бройль, исходя из общих принципов теории относительности, получил закон, устанавливающий зависимость длины волны, связанной с движущейся частицей, от импульса частицы:

$$\lambda = h/P, \text{ где } h \text{ — постоянная Планка.}$$

Вид зависимости полностью совпал с соотношением для фотона и связанной с ним световой волной. Как отмечал сам автор идеи: «Так был осуществлен знаменитый синтез, ибо оказалось, что для частиц материи и для света установлен один и тот же вид дуализма». Однако возникает вопрос, если с какой-либо движущейся частицей, скажем, с движущимся электроном, связана волна, то должны проявляться эффекты, определяемые волновыми свойствами электрона, например, дифракция электронов? Еще за несколько лет до опубликования статьи де Бройля К.Дж. Дэвиссон со своими коллегами по лаборатории «Белл телефон» экспериментально исследовали явления испускания вторичных электронов и получили непонятные результаты, которые тогда они не смогли объяснить. После опубликования статьи де Бройля Дэвиссон и его сотрудник Л. Джермер возобновили опыты и установили, что электроны дифрагируют на кристаллах как волны, и длина этих волн полностью соответствует формуле де Бройля. Впоследствии экспериментальная проверка дифракции электронов была многократно повторена. В настоящее время во многих университетах этот эксперимент используют в качестве демонстрационного материала при чтении лекций по квантовой физике. Позже были проведены эксперименты, устанавливающие дифракцию других элементарных частиц и даже атомов. Итак, сомнений в волново-корпускулярном дуализме частиц нет, но есть ли понимание этого явления? Наверное, ситуация немного прояснится, если рассмотреть опыт с двумя щелями, подробно описанный Р. Фейнманом. «Я разберу только этот эксперимент, — пишет Р. Фейнман на странице 118 книги «Характер физических законов», — который специально придуман таким

образом, чтобы охватить все загадки квантовой механики и столкнуть нас со всеми парадоксами, секретами и странностями природы на все сто процентов. Оказывается, что любой другой случай в квантовой механике всегда можно объяснить, сказав: «Помните наш эксперимент с двумя отверстиями? Здесь — то же самое». Интересующегося читателя мы отсылаем к вышеназванной книге для более глубокого проникновения в суть результатов опыта, рассмотренного Фейнманом для объяснения квантовой механики. Мы же вкратце прокомментируем его результаты.

Фейнман рассматривает три случая прохождения через экран с двумя отверстиями различных объектов.

Случай 1. Пусть имеется источник с пулями, перед которым установлен броневой щит с одним отверстием, пропускающим пули. На большом расстоянии от первого щита поставим второй, уже с двумя отверстиями. Достаточно далеко от второго щита будет установлен третий щит, в котором пули, прошедшие через отверстия, будут застревать — так, что их можно будет сосчитать. Сразу можно обратить внимание на то, что пули представляют собой дискретные порции энергии. Предположим, что вся энергия движения пули полностью переходит во внутреннюю энергию мишени. Ясно, что энергия мишени при попадании в нее пули увеличивается скачком на величину энергии одной пули, то есть дискретными порциями. Каждая пуля — одна нерасчленимая и опознаваемая порция, поэтому если в качестве мишени использовать ящики с песком, расположенные вдоль поверхности последнего щита, то одна пуля может попасть только в один из ящиков. Если второе отверстие закрыть броневой завесой, то пули могут достичь мишени только через первое отверстие. При этом большая часть пролетевших пуль будет попадать в ящик с песком, находящимся прямо напротив этой щели. Число прошедших пуль за определенную единицу времени легко сосчитать. Скажем, это будет значение N_1 . Теперь закроем первое отверстие, получим число пуль N_2 , прошедших через второе отверстие. Если будут открыты оба отверстия, то окажется, что число прошедших через обе щели пуль N_{12} представляет собой простую сумму N_1 и N_2 . Этот факт не является для нас поразительным, именно это мы и ожидали получить. Учитывая, что пули — это дискрет-

ные порции веществ, — частицы, а не волны, «отсутствие интерференции» в опыте находится в полном соответствии с нашим обыденным опытом.

Случай 2. Здесь через отверстия будут пропускаться волны, например, морские. Броневые щиты заменяют на дамбу с двумя проходами для воды. Оказывается в случае, если оба прохода будут открыты сразу, наблюдается явление интерференции — явление перераспределения гребней и впадин в пространстве за дамбой вследствие наложения волн, проходящих через первый проход и через второй проход, друг на друга. Интенсивность суммарной волны уже не будет равна сумме интенсивностей волн, проходящих через первый проход (при закрытом втором проходе) и через второй проход (при закрытом первом проходе):

$$I_{12} \neq I_1 + I_2$$

Здесь под величиной I понимается интенсивность волны — величина, характеризующая энергию волны. Положение максимумов интенсивностей, то есть гребни результирующей волны за дамбой, может быть достаточно легко рассчитано. Но что интересно: вовсе не обязательно, что они будут располагаться прямо напротив проходов.

Различие между корпускулами и волнами очевидно.

Случай 3. Теперь поэкспериментируем с электронами. Пусть у нас имеется источник с электронами, экран с двумя отверстиями и детектор, стоящий за экраном и способный регистрировать заряд, приносимый электроном. При попадании электронов в детектор происходит щелчок. Мы легко установим по щелчкам, что электроны попадают в детектор дискретно, строго по одному, порциями. Следовательно, можно поступать так же, как и в случае с пулями: можно измерять вероятность появления электронов в каждой точке экрана. Экспериментально установлено, что если оба отверстия будут открыты, то мы получим кривую вероятности попадания, соответствующую кривой, полученной в опыте с интерференцией волн. Если поочередно закрывать то одно отверстие, то другое, а при этом снимать кривые вероятности попадания одной дискретной порции в детектор, то мы получим значения N_1 и N_2 , но вероятность попадания при условии, когда открыты оба отверстия, уже не равна их сумме:

$$N_{12} \neq N_1 + N_2.$$

Электроны попадают в детектор дискретными порциями, как если бы это были частицы, но вероятности попадания этих частиц определяются по тем же законам, по которым определяется интенсивность волнения воды.

Теперь обратим внимание на следующее важное обстоятельство: когда были открыты оба отверстия, вследствие чего была получена интерференционная картина, мы не следили за тем, через какое из двух отверстий в данный момент пролетает электрон. Изменим экспериментальную ситуацию таким образом, чтобы можно было следить за этим. Поэтому за отверстиями помещают мощный источник света: электроны рассеивают свет, и по вспышке за отверстием 1 или 2 можно точно установить, через какое из них пролетел электрон. При такой постановке эксперимента мы получаем совершенно другой результат: интерференционная картина разрушается, и поведение электронов совпадает с поведением пуль в первом рассмотренном нами случае, так что $N_{12} = N_1 + N_2$. И какие бы усовершенствования в постановке экспериментов не были бы предложены, каждый раз оказывается, что невозможно, с одной стороны, сказать, через какое отверстие пролетает наш электрон, то есть точно определить его координату, а с другой стороны — не исказить картины распределения регистрируемых электронов, не нарушить характера интерференции. По интерференционной картине всегда можно определить длину волны электронов, а затем по формуле де Бройля импульс электрона. Но в этом случае оказывается, что мы знаем импульс электрона, но не знаем его координату, так как не определяли, через какое отверстие прошел электрон. И наоборот, если мы знаем координату электрона, то ничего не можем сказать об импульсе вследствие разрушения интерференционной картины. В разных экспериментальных ситуациях электрон ведет себя по-разному: в одних — как частица, а в других — как волна. Этот совершенно неожиданный, с точки зрения классической физики, результат был выражен в принципе неопределенности Гейзенберга и принципе дополнительности Бора.

5.4. Принцип неопределенности Гейзенберга

Приведенный выше эксперимент ясно указывает на то, что точное знание координаты электрона означает полное незнание его импульса, и наоборот. Такая ситуация совершенно необъяснима с точки зрения классической физики. Немало усилий было приложено физиками для устранения возникшего противоречия с целью сохранения классического идеала описания движения физических объектов. Наиболее революционно настроенные ученые посчитали, что подобное неклассическое поведение объектов в микромире требует критического пересмотра самого понятия «частицы», точно локализованной во времени и пространстве. Можно говорить лишь о **вероятности** того, где в данный момент времени находится частица, и это является неизбежным следствием введения в физическую теорию постоянной Планка, представлений о квантовых скачках. Физическая интерпретация «неклассического» поведения микрообъектов была впервые дана Вернером Гейзенбергом, указавшим на необходимость отказа от представлений об объектах микромира как об объектах, движущихся по строго определенным траекториям, для которых однозначно с полной определенностью могут быть одновременно указаны и координата и импульс частицы в любой заданный момент времени. Надо принять в качестве закона, описывающего движение микрообъектов, тот факт, что знание точной координаты частицы приводит к полной неопределенности ее импульса, и наоборот, точное знание импульса частицы — к полной неопределенности ее координаты. Исходя из созданного им математического аппарата квантовой механики, Гейзенберг установил предельную точность, с которой можно одновременно определить координату и импульс микрочастицы, и получил следующее соотношение неопределенностей этих значений:

$$\Delta X \cdot \Delta P_x \geq h,$$

где ΔX — неопределенность в значении координаты; ΔP_x — неопределенность в значении импульса. **Произведение неопределенности в значении координаты и неопределенности в значении импульса не меньше, чем величина порядка постоянной Планка h .**

Чем точнее определена одна величина, скажем, X ($\Delta X \rightarrow 0$), тем больше становится неопределенность дру-

той: $\Delta P_x \rightarrow \infty$. Если же точно определен импульс частицы P ($\Delta P_x \rightarrow \infty$), то неопределенность координаты стремится к бесконечности ($\Delta X \rightarrow \infty$).

Итак, соотношение неопределенности накладывает определенные ограничения на возможность описания движения частицы по некоторой траектории; понятие траектории для микрообъектов теряет смысл.

5.5. Принцип дополнительности Бора

Анализируя соотношения неопределенностей, Бор выдвигает принцип дополнительности, согласно которому точная локализация микрообъекта в пространстве и времени и точное применение к нему динамических законов сохранения исключают друг друга. Бор показал, что из-за соотношения неопределенностей корпускулярная и волновая модели описания поведения квантовых объектов не входят в противоречие друг с другом, потому что никогда не предстают одновременно. В одном и том же эксперименте не представляется возможным одновременно проводить измерения координат и параметров, определяющих динамическое состояние системы, например, импульса. Если в одной экспериментальной ситуации проявляются корпускулярные свойства микрообъекта, то волновые свойства оказываются незаметными. В другой экспериментальной ситуации, наоборот, проявляются волновые свойства и не проявляются корпускулярные. То есть в зависимости от постановки эксперимента микрообъект показывает либо свою корпускулярную природу, либо волновую, но не обе сразу. Эти две природы микрообъекта взаимно исключают друг друга, и в то же время должны быть рассмотрены как дополняющие друг друга. Если вернуться к рассмотренному нами опыту с двумя отверстиями, то, согласно Бору, мы имеем две различные экспериментальные ситуации: одну — с одним открытым отверстием, когда точно известна координата электрона, и поведение электрона соответствует поведению частицы; и вторую — с двумя открытыми отверстиями, в которой появляется интерференционная картина на экране, по которой мы определяем импульс, и поведение электрона сопоставляем с волной. То есть говорить об электро-не как об индивидуальной «себепожественной» частице вне зависимости от конкретной экспериментальной ситуации,

в которой он проявляет свои свойства, не имеет физического смысла. Это составляет сформулированный Бором принцип физической целостности при описании объектов микромира. Выделим суть принципа дополнительности Бора.

Вся информация о микрообъектах может быть получена с помощью только макроприборов, работающих в определенных диапазонах, позволяющих довести эту информацию, в конечном итоге, до органов чувств познающих субъектов. Макроприборы подчиняются законам классической физики и должны переводить информацию о явлениях в микромире на язык понятий классической физики. Следовательно, любое явление в микромире не может быть проанализировано как само по себе отдельно взятое, а обязательно должно включать в себя взаимодействие с классическим микроскопическим прибором. С помощью конкретного макро-скопического прибора мы можем исследовать либо корпускулярные свойства микрообъектов, либо волновые, но не и те, и другие одновременно. Обе стороны предмета должны рассматриваться как дополнительные по отношению друг к другу.

5.6. Концепция целостности в квантовой физике. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена

В основе естествознания с момента его возникновения и вплоть до открытия Планка господствовала механистическая концепция целого и части. Принципы неопределенности и дополнительности отражают фундаментальную неопределенность явлений природы. Квантовый объект не может быть рассмотрен сам по себе, не обладает индивидуальными свойствами, а находится в классически определенных внешних условиях. Таким образом, в квантовой механике формулируется концепция целостности, отличная от механистической концепции целого и части, ибо объект вне целого и внутри целого не один и тот же; отдельный объект рассматривается лишь в отношении к чему-либо, свои свойства он проявляет лишь по отношению к конкретной целостности, чем и определяется статистическая природа его поведения. Говоря словами Н. Бора: «С открытием Планком элементарного кванта действия началась новая эпоха в физических науках. Это открытие об-

наружило свойственную атомным процессам черту **цельности**, идущую гораздо дальше старой идеи об ограниченной делимости материи». Боровская интерпретация квантовой теории означает, по существу, отказ от классических представлений о частицах как «внеположенных», «себе-тождественных», «индивидуальных».

Микрообъект постоянно чувствует на себе влияние целостности, элементом которой он является. Известный физик Поль Ланжевен так высказался по этому поводу: «Мне кажется, что основной причиной всех наших современных трудностей является введение представлений об индивидуальных частицах. Сущность принципа неопределенности заключается именно в утверждении невозможности проследить за движением отдельного электрона, то есть невозможности представить его себе в качестве отдельного предмета».

Точка зрения Н. Бора, В. Гейзенберга и их сторонников, названная копенгагенской интерпретацией квантовой механики, конечно, не могла быть воспринята безоговорочно многими физиками, оставшимися верными идеалу строго детерминированного, причинно-следственного описания движения физических объектов. Так, А. Эйнштейн не принял принципиально статистический характер копенгагенской интерпретации квантовой теории. В. Гейзенберг вспоминает о беседах на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе, куда по традиции фонда Сольве в 1927 году была приглашена группа специалистов по квантовой теории: «Эйнштейн не хотел допустить принципиальную невозможность познания всех определяющих моментов, необходимых для полной детерминации рассматриваемых процессов. «Господь Бог не играет в кости», — это выражение часто можно было услышать от него во время дискуссий. Эйнштейн не мог поэтому примириться с соотношением неопределенности и старался придумать эксперименты, в которых эти соотношения уже не имели бы места».

Дискуссия между Бором и Эйнштейном длилась около десяти лет и сыграла очень важную роль в формировании основ квантовой теории. Именно этот спор привел к более глубокому пониманию **концепции целостности**. Свое содержательное развитие эта концепция получила благодаря работе трех авторов — А. Эйнштейна, Б. Подольского и Н. Розена «Можно ли считать квантово-механическое

описание физической реальности полным?»), опубликованной в 1935 году. В этой работе формулируется парадокс, названный парадоксом Эйнштейна — Подольского — Розена (ЭПР-парадокс). Если вся предыдущая полемика между Бором и Эйнштейном концентрировалась, в основном, вокруг принципа неопределенности (Эйнштейн предлагал пример, опровергающий соотношение неопределенностей, а Бор всегда доказывал ошибочность аргументов Эйнштейна), то в ЭПР-парадоксе предложена ситуация, приведшая, в конечном счете, вопреки ожиданиям ее авторов, к расширению принципа целостности. Ситуация, предлагаемая авторами парадокса, состоит в следующем: пусть некоторая частица самопроизвольно распадается на две частицы, которые расходятся на столь большое расстояние друг от друга, что физическое взаимодействие между ними исключается. Тогда, если квантовая механика верна, измерение, произведенное над одной из частиц, должно приводить к однозначному предсказанию соответствующей характеристики (импульса, момента импульса — в зависимости от типа измерения над первой частицей) другой. Иными словами, не произведя эксперимент над второй частицей, не возмущая ее, на основании квантовой механики должно получаться определенное числовое значение ее характеристик независимо от акта воздействия. Следует сказать, что в настоящее время ЭПР-парадокс надежно подкреплен экспериментами. Известно, что Бор дал немедленный ответ на рассуждения авторов парадокса, утверждая, что физическую реальность необходимо трактовать на основе идеи нераздельности экспериментальной ситуации, неделимости и целостности квантовых явлений. ЭПР-парадокс для своего решения открывает возможность для более полного использования концепции целостности, не апеллирующей к целостности экспериментальной ситуации. Здесь речь идет уже не о целостности экспериментальной ситуации, а о целостности квантовой системы, об особом коррелятивном, взаимосвязанном поведении квантовых объектов. Объекты, составлявшие некогда единое целое, разведенные друг от друга на расстояния, исключаящие взаимодействия, сохраняют на себе печать прошлого, и любые изменения одного партнера приводят к коррелятивному поведению второго. Этот перенос состояния с одной частицы на другую, независимо от того, как далеко друг от друга они находятся,

называют квантовой телепортацией. Мир предстает перед нами как единая целостная единица, несводимая к механическому разложению его на составные части. Таким образом, в квантовой механике сформировано представление о целостном, неразложимом характере мира, о не сведении его к отдельным элементам. Этот результат, имеющий глубокое мировоззренческое значение, является едва ли не самой удивительной страницей в истории физики и имеет далеко идущие перспективы по развитию телепортационных способов передачи информации. XXI век, по всей видимости, станет веком квантовой телепортации.

5.7. Волны вероятности. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике

В настоящей книге не приводится аппарат квантовой механики, ибо он потребовал бы серьезного, содержательного знания математики. Тем не менее аппарат этот существует и очень надежно работает. Можно сказать, что практически одновременно были созданы две эквивалентные математические теории, позволяющие описывать поведение объектов в микромире, — квантовая механика В. Гейзенберга и волновая механика Э. Шредингера. Шредингер, проникшись идеей де Бройля о волнах материи, создал свою теорию, в которой дискретные стационарные состояния уподоблялись стоячим волнам какой-либо системы. В аппарат квантовой теории прочно вошло в качестве ее основного уравнения — уравнение Шредингера относительно волновой функции Ψ . Сам Шредингер интерпретировал Ψ -функцию как реальный волновой процесс в пространстве и во времени, который, в конечном счете, должен приводить к отрицанию дискретных состояний и квантовых скачков. Однако копенгагенская школа физиков показала неадекватность подобных представлений, и волновая функция Ψ стала интерпретироваться как волна вероятности, а квадрат ее модуля — как мера вероятности обладания микрообъектом определенной координаты или в другой, дополнительной к первой, физической ситуации — определенного импульса. Итак, волновая функция Ψ , получившая свое название в связи с надеждой, что она описывает реальные волновые процессы, получила статус волны вероятности, чем еще раз подчеркивается статистический,

вероятностный характер поведения микрообъектов. Казалось бы, что о причинно-следственном описании движения объектов следует забыть. Однако это не так. Уравнение Шредингера описывает эволюцию Ψ -функции с течением времени, является детерминированным и обратимым. Детерминированность и обратимость уравнения Шредингера определяют ситуацию в квантовой механике, аналогичную ситуации в классической механике, однако квантовая механика обладает важным отличием, состоящим в том, что в квантовой теории предсказуемы только вероятности, а не отдельные события. Для того чтобы лучше разобраться в этом, следует выяснить, что означает понятие состояния в физике.

5.8. Состояния физической системы. Динамические и статистические закономерности в природе

Понятие состояния физической системы является центральным элементом физической теории. Казалось бы, в науке речь должна идти только о закономерностях в поведении различных явлений природы. Открытие этих закономерностей, установление законов природы, отражающих устойчивые, необходимые связи между различными сторонами явления, — вот истинная цель науки. Однако имеются, по крайней мере, два возражения по поводу того, как достичь этой цели. Первое из них указывает на то, что все законы природы всегда носят приближенный характер и действуют в определенных рамках, называемых границами применимости физических законов. Мы уже убедились в существовании трех ограничений в применимости законов Ньютона: во-первых, если скорость рассматриваемых тел близка к скорости света, то нужно применять релятивистскую кинематику и релятивистскую динамику специальной теории относительности. Во-вторых, в случае сильных гравитационных полей следует пользоваться теорией тяготения Эйнштейна, то есть общей теорией относительности. Проявление гравитации как искривления пространства-времени приводит к неадекватности описания поведения частицы в искривленном пространстве с помощью теории Ньютона. В-третьих, классическая ньютоновская ме-

ханика не работает в микромире; аппаратом, описывающим движение микрообъектов, является квантовая теория.

Второе возражение состоит в том, что при установлении законов всегда пытаются абстрагироваться от случайностей, множества факторов, всегда сопровождающих любое явление. На это обстоятельство особенно указывает величайший математик Е. Вигнер в своей книге «Этюды о симметрии», подчеркивая, что для описания поведения какого-либо объекта одних только законов природы недостаточно, важно знать также начальные условия, описывающие состояние данного объекта в начальный момент времени. «Именно в четком разделении законов природы и начальных условий и состоит удивительное открытие ньютоновского века», — пишет Е. Вигнер.

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

Попробуем применить данный алгоритм к тем областям физики, которые нами рассмотрены в этой книге. Однако предварительно разделим физические теории на динамические и статистические и, используя понятия состояния, попытаемся провести сравнение между ними и выяснить, в каком отношении друг к другу находятся динамические и статистические закономерности в природе. Это глубоко и полно сделано Г.Я. Мякишевым в книге «Динамические и статистические закономерности в физике», результатами которой мы воспользуемся при последующем изложении материала.

Понятие состояния в динамических теориях

Классическая механика

Параметром, характеризующим состояние механической системы, является совокупность всех координат и импульсов материальных точек, составляющих эту систе-

му. Задать состояние механической системы — значит указать все координаты r_i (x_i, y_i, z_i) и импульсы P_i всех материальных точек. Основная задача динамики состоит в том, чтобы, зная начальное состояние системы и законы движения (законы Ньютона), однозначно определить состояние системы во все последующие моменты времени, то есть однозначно определить траектории движения частиц. Траектории движения получаются путем интегрирования дифференциальных уравнений движения. Траектории движения дают полное описание поведения частиц в прошлом, настоящем и будущем, то есть характеризуются свойствами детерминированности и обратимости. Здесь полностью исключается элемент случайности, все заранее жестко причинно-следственно обусловлено. Можно сказать, что в динамических теориях необходимость, отраженная в форме закона, выступает как абсолютная противоположность случайному. В науке утвердилась точка зрения о том, что только динамические законы полностью отражают причинность в природе. Причем понятие причинности связывается со строгим детерминизмом в лапласовском духе. Здесь уместно привести фундаментальный принцип, провозглашенный Лапласом, и отметить вошедший в науку в связи с этим принципом образ, именуемый «демоном Лапласа»: «Мы должны рассматривать существующее состояние Вселенной как следствие предыдущего состояния и как причину последующего. Ум, который в данный момент знал бы все силы, действующие в природе, и относительное положение всех составляющих ее сущностей, если бы он еще был столь обширен, чтобы ввести в расчет все эти данные, охватил бы одной и той же формулой движения крупнейших тел Вселенной и легчайших атомов. Ничто не было бы для него недостоверным, и будущее, как и прошедшее, стояло бы перед его глазами».

Возникновение теории относительности не изменило установившегося в классической физике детерминистского подхода. В релятивистской теории, несмотря на совершенно иной взгляд на пространство — время, вся эволюция физических явлений также определяется знанием начальных условий и дифференциальных уравнений движения, на основе чего однозначно можно охарактеризовать состояние системы в прошлом, настоящем и будущем в любой задан-

ный момент времени. То есть при описании четырехмерного пространства теория относительности предполагает заданной всю совокупность состояний, соответствующих любому моменту времени (для каждого наблюдателя как совокупность состояний по мере течения его собственного времени).

Классическая равновесная термодинамика вводит две однозначные функции состояния — внутреннюю энергию и энтропию. Понятие равновесности процессов, то есть процессов, протекающих бесконечно медленно, практически снимает вопрос о рассмотрении эволюции систем. Поэтому с помощью термодинамики, в основном, устанавливаются связи между термодинамическими параметрами различных равновесных состояний.

Классическая электродинамика

Здесь состояние электромагнитного поля задается значениями векторов напряженностей \mathbf{B} и \mathbf{H} и индукцией \mathbf{D} и \mathbf{E} электрических и магнитных полей. Уравнения Максвелла позволяют для этих четырех величин по заданным начальным значениям \mathbf{B} и \mathbf{H} внутри некоторого объема (и граничным условиям) однозначно определить величину электромагнитного поля в любой последующий момент времени.

Понятие состояния в статистических теориях

Статистическая механика

При рассмотрении систем, состоящих из огромного числа частиц (нами рассматривалась молекулярно-кинетическая теория), состояние системы характеризуют не полным набором значений координат и импульсов всех частиц, а вероятностью того, что эти значения лежат внутри определенных интервалов. Тогда состояние системы задается с помощью функции распределения, зависящей от координат, импульсов всех частиц системы и от времени. Функция распределения интерпретируется как плотность вероятности обнаружения той или иной физической величины (например, x_i или P_i) в определенных интервалах от x_i до $x_i + \Delta x_i$ или от P_i до $P_i + \Delta P_i$. По известной функции распределения можно найти средние значения любой физиче-

ской величины, зависящей от координат и импульсов, и вероятность того, что эта величина принимает определенное значение в заданных интервалах.

Квантовая механика

В квантовой механике вектором состояния является волновая функция Ψ , представляющая собой амплитуду вероятности. Уравнение Шредингера однозначно описывает эволюцию состояния с течением времени. Волновая функция представляет собой, таким образом, полную характеристику состояния: зная волновую функцию Ψ , можно вычислить вероятность обнаружения определенного значения любой физической величины и средние значения всех физических величин. Существует важное различие между описанием состояния в статистической физике и в квантовой механике. Оно состоит в том, что состояние в квантовой механике описывается не плотностью вероятности, а амплитудой вероятности. Плотность вероятности пропорциональна квадрату амплитуды вероятности. Это и приводит к сугубо квантовому эффекту интерференции вероятностей.

Как уже отмечалось выше, идеалом классического описания физической реальности считалась динамическая детерминированная форма законов физики. Поэтому первоначально физики негативно относились к введению вероятности в статистические законы. Многие считали, что вероятность в законах свидетельствует о мере нашего незнания. Однако это не так. Статистические законы также выражают необходимые связи в природе. Действительно, во всех фундаментальных статистических теориях состояние представляет собой вероятностную характеристику системы, но уравнения движения по-прежнему однозначно определяют состояние (статистическое распределение) в любой последующий момент времени по заданному распределению в начальный момент. Г.Я. Мякишев подчеркивает, что главное отличие статистических законов от динамических состоит в учете случайного (флуктуаций). В философии давно выработано представление о диалектическом тождестве и различии противоположных сторон любого явления. В диалектике необходимое и случайное — это две противоположности единого явления, две стороны одной медали, которые взаимообуславливают друг друга, взаимопревраща-

ются, не существуют друг без друга. Главное различие между динамическими и статистическими законами с философско-методологической точки зрения состоит в том, что в статистических законах необходимость выступает в диалектической связи со случайностью, а в динамических — как абсолютная противоположность случайного. А отсюда вывод: «Динамические законы представляют собой первый низший этап в процессе познания окружающего нас мира; статистические законы обеспечивают более современное отображение объективных связей в природе: они выражают следующий, более высокий этап познания».

5.9. Релятивистская квантовая физика. Мир античастиц. Квантовая теория поля

Квантовая механика, которая в первых работах Бора, Шредингера, Гейзенберга и других ученых являлась, в основном, теорией атомных спектров, получила за короткое время интенсивное развитие и была обобщена до теории, описывающей поведение микрообъектов в микромире. Физики стали делить окружающий нас мир на три уровня: мега-, макро- и микромир. Это оказалось возможным благодаря синтезу квантовой механики и специальной теории относительности, благодаря созданию релятивистской квантовой механики.

В 1927 году английский физик Поль Дирак, рассматривая уравнение Шредингера, обратил внимание на его нерелятивистский характер. При этом квантовая механика описывает объекты микромира, и хотя к 1927 году их было известно только три: электрон, протон и фотон (даже нейтрон был экспериментально обнаружен только в 1932 году), было ясно, что движутся они со скоростями, весьма близкими к скорости света или равными ей, и более адекватное описание их поведения требует применения специальной теории относительности. Дирак составил уравнение, которое описывало движение электрона с учетом законов и квантовой механики и теории относительности Эйнштейна, и получил формулу для энергии электрона, которой удовлетворяли два решения: одно решение давало известный электрон с положительной энергией, другое — неизвестный электрон-двойник, но с отрицательной энергией. Так возникло представление о частицах и соответствующих им

античастицах, о мирах и антимирах. К этому же времени была разработана квантовая электродинамика. Суть ее состоит в том, что поле более не рассматривается как континуалистская непрерывная среда. Дирак применил к теории электромагнитного поля правила квантования, в результате чего получил дискретные значения поля. Обнаружение античастиц углубило представление о поле. Считалось, что электромагнитного поля нет, если нет квантов этого поля — фотонов. Следовательно, в этой области пространства должна быть пустота. Ведь специальная теория относительности «изгнала» из теории эфир, можно сказать, что победила точка зрения о вакууме, о пустоте. Но пуст ли вакуум, — вот вопрос, который вновь возник в связи с открытием Дирака. Сейчас хорошо известны факты, доказывающие, что вакуум пуст только в среднем. В нем постоянно рождается и исчезает огромное количество виртуальных частиц и античастиц. Даже если мы меряем заряд электрона, то, как оказалось, голый заряд электрона равнялся бы бесконечности. Мы же измеряем заряд электрона в «шубе» окружающих его виртуальных частиц.

Собственно представление о вакууме как непрерывной активности содержащихся в нем виртуальных частиц содержится в принципе неопределенности Гейзенберга. Принцип неопределенности Гейзенберга имеет, кроме приведенного выше, еще и такое выражение: $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$. Согласно этому квантовые эффекты могут на время нарушать закон сохранения энергии. В течение короткого времени Δt энергия, взятая как бы «в займы», может расходоваться на рождение короткоживущих частиц, исчезающих при возвращении «займа» энергии. Это и есть виртуальные частицы. Возникая из «ничего», они снова возвращаются в «ничто». Так что вакуум в физике оказывается не пустым, а представляет собой море рождающихся и тут же гасящихся всплесков.

Квантовая теория поля является ядром всей современной физики, представляет собой общий подход ко всем известным типам взаимодействий. Одним из важнейших результатов ее является представление о вакууме, но уже не пустом, а насыщенным всевозможными флуктуациями всевозможных полей. Вакуум в квантовой теории поля определяется как наинизшее энергетическое состояние кван-

тованного поля, энергия которого равна нулю только в среднем. Так что вакуум — это «Нечто» по имени «Ничто».

Релятивистская квантовая теория поля, которая началась работами Дирака, Паули, Гейзенберга в конце 20-х годов нашего столетия, была продолжена в трудах Фейнмана, Томонаги, Швингера и других ученых, давая все более полное представление о физической неразложимости мира, о несведении его к отдельным элементам. Здесь принцип целостности находит свое отражение при рассмотрении взаимодействия микрообъектов с определенным состоянием физического вакуума. Именно в этом взаимодействии все элементарные частицы обнаруживают свои свойства. Вакуум рассматривается как объект физического мира, выражающий как раз момент физической неразложимости его.

Какова судьба понятия «вакуум» в современной физике XXI столетия? Почему наш мир состоит преимущественно из вещества, а «антивещество» долгое время оставалось скрытым от нашего взгляда? На эти и другие вопросы мы постараемся ответить в кратком очерке современного состояния физики элементарных частиц на рубеже третьего тысячелетия, приведенном в следующей главе. Заканчивая же разговор о квантовой физике, отметим, что результаты ее полностью изменили наши представления о мире, наш подход к структуре физических законов. В итоге, выработан новый тип научного мышления, называемый неклассическим, в котором есть место случайности, вероятности, целостности.

Вопросы для самоконтроля

1. Напишите формулу Планка и объясните ее физический смысл.
2. Какие физические эффекты являются экспериментальным подтверждением гипотезы Планка?
3. В чем состоит гипотеза де Бройля? Чему равна длина волны де Бройля?
4. Опишите опыт с двумя щелями и поясните, как вы понимаете волново-корпускулярный дуализм микрообъектов.

5. Сформулируйте принцип неопределенности Гейзенберга. В чем заключается различие в описании поведения классических и квантовых объектов?
6. Расскажите о принципе дополнительности Бора.
7. В чем состоит принцип физической целостности квантовых объектов? Какие выводы можно сделать из анализа парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена?
8. Какая физическая величина характеризует состояние квантовой системы?
9. В чем заключается различие между динамическими и статистическими закономерностями в физике с философской точки зрения?
10. Какие новые представления о мире возникают в релятивистской квантовой физике? Расскажите об античастицах и о виртуальных частицах.
11. Что представляет собой физический вакуум в квантовой теории поля?

I На пути построения единой теории поля

6.1. Теорема Нетер и законы сохранения

В 2.2 уже говорилось о принципе наименьшего действия, о вариационном принципе в физике. Следует сказать, что при формулировании общей теории относительности Эйнштейн пытался вывести уравнения гравитационного поля с использованием вариационных принципов, однако они оказались неверными. Д. Гильберту удалось получить верные уравнения из вариационных принципов, но при этом он не обратил внимание на то, что из сформулированной им теоремы вытекают законы сохранения. Примерно в тот же период времени в математике развивался подход, связывающий геометрию с теорией групп, составляющей ядро современной абстрактной алгебры. Так, в 1872 году немецким математиком Феликсом Клейном была выдвинута «Эрлангенская программа», в которой выражалась идея систематического применения групп симметрии к изучению конкретных геометрических объектов. Все разнообразие геометрических систем удалось понять благодаря этому подходу с единой теоретико-инвариантной

точки зрения. Инвариантный принцип построения теории относительности привлек внимание Феликса Клейна. Он явно видел связь теории относительности с идеями «Эрлангенской программы», что стимулировало его к поиску вывода законов сохранения с использованием вариационных принципов. В это же время (1918 г.) Эмми Нетер была доказана теорема, из которой следует, что если некоторая система инвариантна относительно некоторого глобального преобразования, то для нее существует определенная сохраняющаяся величина. Теорема Нетер, доказанная ею во время участия в работе целой группы по проблемам общей теории относительности как бы побочно, стала важнейшим инструментом теоретической физики, утвердившей особую роль принципов симметрии при построении физической теории. Можно сказать, что теоретико-инвариантный подход, эрлангенский принцип проник в физику и определил целесообразность формулирования физических теорий на языке лагранжианов. Так, упоминаемые выше законы сохранения являются следствиями симметрий, существующих в реальном пространстве-времени. Закон сохранения энергии является следствием временной трансляционной симметрии — однородности времени. В силу однородности времени функция Лагранжа замкнутой системы явно от времени не зависит, а зависит от координат и импульсов всех элементов, составляющих эту систему (которые зависят от времени). Несложными математическими преобразованиями можно показать, что это приводит к тому, что полная энергия системы в процессе движения остается неизменной.

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

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

частиц, являются общими, выполняющимися во всех взаимодействиях.

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

К классу внутренних симметрий относят симметрии относительно непрерывных преобразований во внутренних пространствах, не имеющих, как считалось до недавнего времени, под собой физической основы, связывающих их со структурой пространства-времени. Такой, к примеру, является глобальная калибровочная симметрия для электромагнитного поля, следствием которой является закон сохранения электрического заряда, и многие другие. Современный этап развития физики раскрывает возможность сведения всех внутренних симметрий к геометрическим, пространственно-временным симметриям, что само по себе свидетельствует об очень сложной структуре самого пространства-времени нашей Вселенной. Основанием для этого является тот факт, что все внутренние симметрии имеют одну калибровочную природу, о чем подробнее будет сказано ниже. Однако современная теоретическая физика дает еще один чрезвычайно важный результат, свидетельствующий о том, что все многообразие физического мира проявлено вследствие нарушений определенных видов симметрии. Поэтому для более глубокого понимания происходящих в физической теории процессов следует более подробно рассмотреть функционирование понятий симметрии и асимметрии в науке.

6.2. Понятие симметрии

Симметрия как философская категория означает процесс существования и становления тождественных моментов в определенных условиях и определенных отношениях между различными и противоположными состояниями явлений мира. Это означает, что, изучая симметрию каких-либо систем, необходимо рассматривать их поведение при различных преобразованиях. То есть из всей совокупнос-

ти преобразований выделяются такие, которые оставляют неизменными, инвариантными некоторые функции, соответствующие рассматриваемым системам. Самым емким, удобным и простым языком для выражения симметрий оказался математический язык. Математическая теория, рассматривающая такие преобразования или совокупности преобразований, называется математиками теорией групп. Корни идеи теории групп восходят к работам великих математиков П. Руффини (1765-1822), Н. Абеля (1802-1829) и Эвариста Галуа (1811-1832). Одной из центральных задач классической алгебры того времени была задача о нахождении корней алгебраического уравнения n -степени по известным коэффициентам, входящим в это уравнение. Руффини, а впоследствии Абель и Галуа доказали неразрешимость в радикалах общего алгебраического уравнения пятой и более степени. Так что проблема общего изучения закона образования корней из известных коэффициентов не была решена, несмотря на многочисленные усилия математиков. Результат был получен Эваристом Галуа лишь на основе введения абстрактных понятий более высокой степени общности, на основе создания совершенно новой алгебраической теории, развившейся впоследствии в теорию групп. Интерес к теории групп со стороны Феликса Клейна передан норвежскому математику М. Ли, который и явился создателем математического аппарата теории групп (групп Ли) и их инвариантов, ставшего важнейшим инструментом современной теоретической физики.

6.3. Калибровочные симметрии

В 2.4 уже говорилось о том, что при создании общей теории относительности Эйнштейн обнаружил, что попытки включения тяготения в специальную теорию относительности (СТО) наталкиваются на серьезные трудности, связанные с тем, что в этом случае не работает глобальная лоренц-инвариантность. Поставив во главу угла задачу распространения принципа инвариантности применительно к любым системам отсчета, в том числе и к неинерциальным, Эйнштейн приходит к выводу, что лоренц-инвариантность не является более глобальным свойством, но в то же время продолжает играть центральную роль в теории в качестве локальной инвариантности. А это означает, что, если гали-

леево пространство максимально однородно, то в общей теории относительности такого рода однородность существует локально, в бесконечно малом, то есть здесь должна существовать возможность свободного изменения масштаба от одной точки пространства к другой, что означает кривизну траектории, отклонение ее от прямой линии. Условие выполнения инвариантности физических законов относительно локальных преобразований требует введения гравитационного поля, роль которого состоит в компенсации эффектов, связанных с этим изменением масштаба или, как говорят, вызванных калибровкой от точки к точке.

Термин «калибровка» вошел в физику из жаргона железнодорожников, употребляемый в значении перехода с узкой колеи на широкую. Под калибровкой, по аналогии с железнодорожной терминологией, первоначально понималось именно изменение уровня или масштаба. В СТО законы физики не изменяются относительно переноса (или сдвига) при калибровке расстояния. То есть траектории движения остаются прямолинейными, пространственный сдвиг оказывается одинаковым у всех точек пространства. Иначе говоря, здесь работают глобальные калибровочные преобразования. В общей теории относительности инвариантность физических законов достигается только относительно локальных калибровочных преобразований. При этом в общей теории относительности обнаруживается совершенно новый подход к природе физических взаимодействий, что в существенной степени расширило смысл самого понятия «калибровочное преобразование», возведя его в принцип, который лежит в основе всего фундамента современной физики. Калибровочный принцип называют динамическим нововведением в общей теории относительности. Нововведением является тот факт, что гравитационное поле здесь не постулируется, а выводится как результат инвариантности лагранжиана теории относительно группы локальных калибровочных преобразований. То есть требование инвариантности порождает определенный конкретный вид взаимодействия. А это уже принципиально новый подход в физике. Благодаря ему современная физика отошла от исторической традиции, согласно которой заранее давалась форма взаимодействий, установленная экспериментально и теоретически описанная некоторыми умными физиками. Форма взаимодействия более не постулируется,

а выводится как результат инвариантности относительно групп определенных локальных преобразований, как способы, которыми в природе должно компенсироваться локальное калибровочное преобразование. И неважно, какие виды симметрий (калибровочные в прямом смысле или другие) обуславливают эти взаимодействия. В каждом случае теории, в которых работает этот принцип, называют калибровочными. Иными словами, калибровочная инвариантность позволяет ответить на вопрос: «Почему и зачем в природе существуют такого рода взаимодействия?»

Для обеспечения инвариантности относительно локальных калибровочных преобразований в различных пространствах (в каждом конкретном случае) производят замену обычных производных ковариантными (впервые введены в общей теории относительности) путем добавления таких слагаемых, которые позволяют построить лагранжиан, инвариантный одновременно или по отдельности относительно калибровочных преобразований во всех соответствующих внутренних пространствах частиц. Калибровочный принцип оказался важным инструментом теоретической физики, это основной принцип, на котором строится единая теория всех взаимодействий в физике. Но представляется, что этот принцип выходит далеко за рамки собственно физики и может стать мощным методологическим регулятивом при решении ряда проблем социального и экономического характера. Очевидно, что такие принципы, как социальная справедливость, равенство, устойчивый уровень жизни населения и др. и могут быть поставлены в соответствии с категорией симметрии. А это говорит о том, что путь к достижению этих идеалов может стать в том числе и математическим. Лагранжев формализм, использованный в экономике, мог бы стать мощнейшим фактором в регулировании денежной системы, контроле за монопольными отраслями производства и др. Важно и то, что лагранжев подход, ставящий во главу угла обеспечение конкретных видов симметрии, с изменением ситуации позволяет строить лагранжиан путем замены обычных производных ковариантными производными, отличающимися от первоначальных. Это указывает на мобильность и перспективность калибровочного подхода.

6.4. Взаимодействия.

Классификация элементарных частиц

В настоящее время в физике определено существование четырех типов физических взаимодействий — гравитационного, сильного, электромагнитного и слабого. Оказывается, что все они имеют калибровочную природу и описывается калибровочными симметриями, являющимися различными представлениями групп Ли. Так, электромагнитное взаимодействие описывается калибровочной симметрией $SU(1)$, слабое взаимодействие — калибровочной симметрией $SU(2)$, сильное взаимодействие — калибровочной симметрией $SU(3)$. Тот факт, что все известные физические взаимодействия имеют одну калибровочную природу, как бы сделаны «из одной болванки», вселяет надежду, что можно будет найти «единственный ключ ко всем известным замкам» и описать эволюцию Вселенной из состояния, представленного единым суперсимметричным суперполем, из состояния, в котором различия между типами взаимодействий, между всевозможными частицами вещества и квантами полей еще не проявлены. История же самодвижения Вселенной отмечена датами спонтанного нарушения симметрии, моментами, когда проявляется различие между типами физических взаимодействий, когда микрообъекты приобретают массы, заряды и другие характеристики, что, в конечном счете, приводит ко всему последующему многообразию физического мира.

Для обсуждения этих проблем остановимся вкратце на существующей в современной физике классификации элементарных частиц. При этом подчеркнем, что обсуждаемые нами выше взаимодействия и связанные с ними поля согласно квантовой теории поля — квантованы, то есть содержат соответствующие каждому конкретному полю кванты, посредством которых и осуществляются взаимодействия между частицами.

Физика до недавнего времени изучала материю в двух ее проявлениях — веществе и поле. Причем частицы вещества и кванты полей подчиняются разным квантовым статистикам и ведут себя различным образом. Так, частицы вещества являются ферми-частицами (фермионами). Системы тождественных ферми-частиц подчиняются стати-

стике Ферми—Дирака. Все фермионы имеют полуцелое значение некоторой очень важной квантовой характеристики элементарной частицы (не менее важной, чем заряд или масса), называемой спином. А для частиц с полуцелым значением спина справедлив принцип запрета Паули, согласно которому две тождественные частицы с полуцелым спином не могут находиться в одном и том же состоянии. Принцип Паули определяет образование электронных оболочек в атомах, поскольку в одном и том же состоянии на одном подуровне могут находиться только два электрона с противоположными спинами, что определяет закономерности периодической системы элементов Менделеева.

Все кванты полей являются бозе-частицами (бозонами) — частицами с целочисленным значением спина. Системы тождественных бозе-частиц подчиняются статистике Бозе-Эйнштейна. Принцип Паули для них несправедлив: в одном и том же состоянии может находиться любое число частиц. Так что бозе- и ферми-частицы рассматриваются как частицы, имеющие различную природу. В каллибровочных теориях до недавнего времени это различие снять не удавалось, и физики констатировали факт разделения в настоящую эпоху эволюции Вселенной материи на два вида — вещество и поле.

Частицы вещества

В свою очередь, частицы вещества делятся на две группы — кварки и лептоны. Кварки и лептоны входят в состав других физических объектов и считаются при достигнутых на сегодняшний день энергиях «бесструктурными». Кварки — это частицы, которые, кроме электрического заряда, обладают цветным зарядом. Наличие у кварков цветного заряда обуславливает способность их к сильным взаимодействиям. Известно, что протон и нейтрон состоят из трех кварков. Однако принцип Паули здесь не нарушается, так как эти кварки имеют различные цветовые заряды. Заряд сильного взаимодействия назвали «цветом» именно по аналогии с действительными цветами для того, чтобы подчеркнуть, что смешение трех цветов кварков делает протон или нейтрон бесцветным (так же, как смешение красного, желтого и зеленого цветов даст белый цвет). Соответственно различают три заряда сильных взаимодей-

ствий — красный (R), желтый (Y) и зеленый (G). Лептоны — бесцветны и не участвуют в сильных взаимодействиях. Предполагается существование шести кварков и шести лептонов. При этом производится деление их на семейства трех поколений.

Семейство-поколение	Кварки	Лептоны
Семейство-поколение I	U_R, U_Y, U_G (U-кварк)	ν_e — электронное нейтрино
	d_R, d_Y, d_G (d-кварк)	e — электрон
Семейство-поколение II	C_R, C_Y, C_G (C-кварк)	ν_μ — мюонное нейтрино
	S_R, S_Y, S_G (S-кварк)	μ — мюон
Семейство-поколение III	t_R, t_Y, t_G (t-кварк)	ν_τ — τ -нейтрино
	b_R, b_Y, b_G (b-кварк)	τ — τ — частица

В столбце «Кварки» латинскими буквами обозначены различные ароматы кварков, индексами — цвета кварков. Название ароматов кварков: U — от английского слова up — вверх; d — от английского слова down — вниз; C — от английского слова charm — очарование; S — от английского слова strange — странный; t — от английского слова top — верхний; b — от английского слова bottom — нижний.

Все вещество во Вселенной составлено из четырех частиц I (первого) поколения. Частицы второго (II) и третьего (III) поколения рассматриваются как возбужденные состояния частиц первого поколения в соответствии с их расположением в таблице. В настоящее время пока неизвестно, почему существует именно такое количество поколений частиц, и не существуют ли и другие, пока еще не откры-

тые семейства частиц? И почему до сих пор не наблюдались переходы между частицами разных поколений?

Все частицы участвуют в гравитационных и в слабых взаимодействиях. Так, например, действие слабых сил приводит к изменению природы частиц — превращению кварка одного аромата в кварк другого аромата, электрона в нейтрино и т. д. В электромагнитных взаимодействиях участвуют только те частицы, которые имеют электрический заряд. Известно, что кварки имеют дробный электрический заряд. Значит, они также участвуют в электромагнитных взаимодействиях, как и электрон. Нейтрино в электромагнитных взаимодействиях не участвуют. И, наконец, только кварки, обладающие цветным зарядом, способны к сильным взаимодействиям. Частицы, состоящие из кварков, называются адронами. Адроны делятся на два класса — барионы, в состав которых входят три кварка с различными цветами, и мезоны, состоящие из пары кварк — антикварк. Соответственно, антикварк имеет антицветовой заряд. Таким образом, адроны, содержащие в себе цветные кварки, сами являются бесцветными. Барионами являются протоны и нейтроны — частицы, входящие в состав ядра атома. Протон состоит из двух u -кварков и одного d -кварка ($p = uud$); нейтрон состоит из одного u -кварка и двух d -кварков ($n = udd$). Протон имеет положительный электрический заряд, нейтрон является электрически нейтральной частицей. Ядра и электроны образуют атомы, а атомы — молекулы.

Следует сказать, что физика кварков открывает новую, необычную страницу в истории физики. С одной стороны, ничего нетрадиционного в поисках наиэлементарнейшего уровня в иерархии элементарных частиц и в связи с этим с гипотезой кварков нет. Но, с другой стороны, само поведение кварков несколько необычно, ибо они никогда не встречаются в свободном состоянии, а находятся в постоянном плену, заключены внутри адронов. В физике кварков сформулирована гипотеза конфайнмента (от англ. confinement — пленение), кварков внутри адронов, согласно которой невозможно вылетание свободного кварка из адрона. Несмотря на это необычайное обстоятельство, существование кварков как реальных частиц в физике надежно обосновано.

Кванты полей

Квантом гравитационного поля является **гравитон**. Однако гравитон пока не установлен экспериментально, равно как и не построена по сей день теория квантовой гравитации.

Квантом электромагнитного поля является **фотон** γ . Масса покоя фотона равна 0. Фотон не несет на себе электрического заряда. Это обеспечивает линейный характер электромагнитных взаимодействий и большой радиус их действия.

Квантами слабого взаимодействия являются три бозона — **W^+ , W^- , Z^0 -бозоны**. Верхние индексы указывают знак электрического заряда этих квантов. Кванты слабого взаимодействия имеют значительную массу, что приводит к тому, что слабое взаимодействие проявляется на очень коротких расстояниях.

Квантами сильного взаимодействия являются **восемь глюонов**. Свое название глюоны получили от английского слова glue (клей), ибо именно они ответственны за конфайнмент кварков. Массы покоя глюонов равны нулю. Однако глюоны обладают цветным зарядом, благодаря чему они способны к взаимодействию друг с другом, как говорят, к самодействию, что приводит к трудностям описания сильного взаимодействия математически ввиду его нелинейности. Если слабое взаимодействие ответственно за изменение ароматов кварков, то сильное взаимодействие, осуществляемое посредством обмена глюонами между кварками, приводит к изменению цветов кварков. Так что в ядре постоянно происходят превращения протонов в нейтроны и наоборот — за счет обмена квантами слабого взаимодействия между кварками, вследствие чего u-кварк превращается в d-кварк и наоборот. Кроме этого внутри протонов и нейтронов кварки постоянно меняют свои цвета, испуская и поглощая глюоны. При этом протоны и нейтроны остаются бесцветными. Подобная инвариантность требует существования поля сильного взаимодействия для поддержания цветовой симметрии кварков. Хвост сильного взаимодействия между кварками внутри протонов и нейтронов обеспечивает силы притяжения между протонами и протонами, протонами и нейтронами, нейтронами и нейтронами внутри ядра (ядерные силы).

Следует отметить, что взаимодействия, соответствующие калибровочной симметрии, характерны тем, что их величина определяется величиной заряда соответствующего взаимодействия. То есть заряд калибровочного взаимодействия одновременно определяет и величину заряда элементарной частицы, и величину («силу») самого взаимодействия, так называемую константу связи. В настоящую эпоху эволюции Вселенной константы связи различных взаимодействий соотносятся следующим образом:

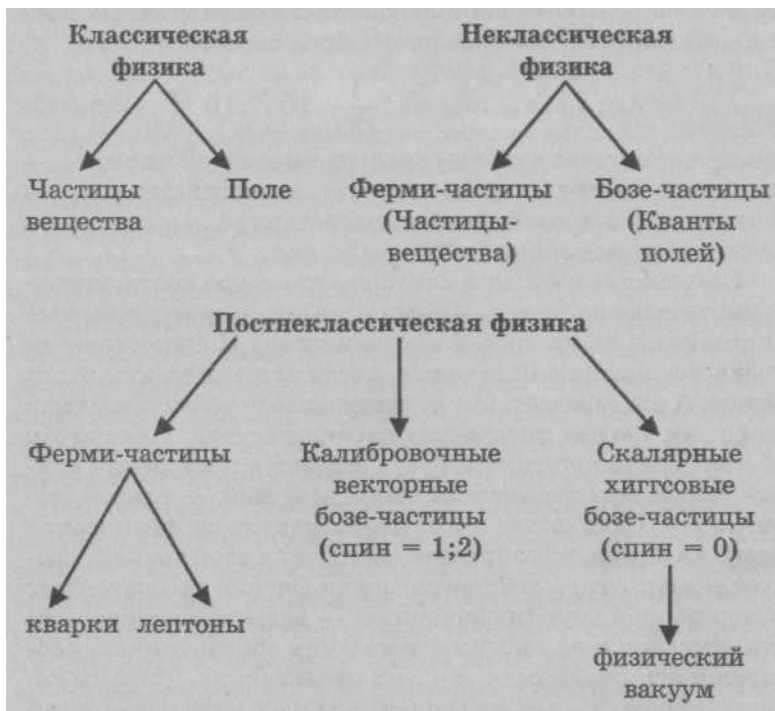
$$a_S : a_E : a_W : a_G = 1 : \frac{1}{137} : 10^{-5} : 10^{-39}$$

где a_S — константа связи сильного взаимодействия; a_E — константа связи электромагнитного взаимодействия; a_W — константа связи слабого взаимодействия; a_G — константа связи гравитационного взаимодействия.

Современные физики считают, что такое соотношение существовало не всегда. Иными словами, рассматриваемые постоянные не являются постоянными. И существовала эпоха в эволюции Вселенной, когда эти константы были равны. А это означает, что не существовало различий между четырьмя типами физических взаимодействий. Именно это обстоятельство и стимулирует физиков в построении единой теории всех физических взаимодействий — единой теории поля. Однако для того, чтобы понять те физические идеи, на которых базируется построение этой теории, следует сказать, что в действительности физика рассматривает материю не в двух проявлениях — веществе и поле, как это отмечается во многих физических справочниках, словарях и энциклопедиях, а в трех проявлениях. Третьим качественно отличным от вышеназванных двух форм материи является физический вакуум. Дело в том, что все кванты полей, рассмотренные нами ранее, являются векторными калибровочными бозонами. Калибровочными их называют по той причине, что они являются квантами калибровочных полей. Векторными их называют потому, что все они имеют целочисленное значение спина, равного единице (1), за исключением гравитона, спин которого предполагается равным двум (2). Физический вакуум нашей Вселенной рассматривается как коллективные возбуждения хиггсовых скалярных бозонов, спин которых равен нулю (0). Именно физический вакуум является прародителем всех

частиц вещества и квантов полей, резервуаром, перекачка энергии из которого обеспечила их возникновение и функционирование. Способность вакуума в ходе эволюции Вселенной изменять свое состояние и привела к многообразию форм физического мира.

Составление представлений о структуре материи на разных этапах эволюции науки представлено ниже:



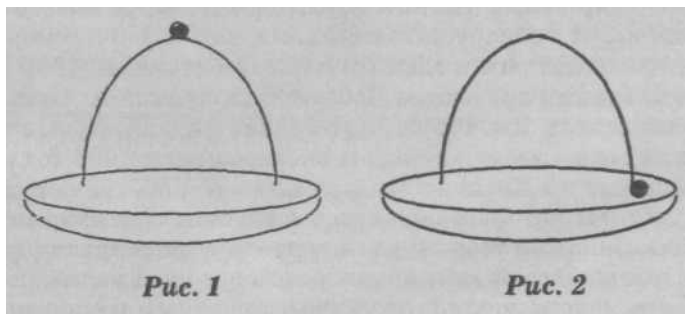
6.5. На пути к единой теории поля. Идея спонтанного нарушения симметрии вакуума

Создание единой теории поля основывается на трех фундаментальных физических идеях: идеи о калибровочной природе взаимодействий, идеи о лептонно-кварковом структурном уровне в строении вещества и идеи о спонтанном нарушении симметрии исходного вакуума.

Идея спонтанного нарушения симметрии исходного вакуума вошла в физику элементарных частиц из физики

твердого тела. Эта идея оказалась нитью Ариадны, которая привела из запутанных лабиринтов к созданию единой теории электромагнитного и слабого взаимодействия. Теория слабого взаимодействия была создана не сама по себе, а оказалась вписанной в единую электрослабую теорию. В настоящее время теория электрослабого взаимодействия подтверждена экспериментально. Идея спонтанного нарушения симметрии исходного вакуума означает отход от общепринятого представления о вакууме как о состоянии, в котором среднее значение энергии всех физических полей равно 0. Здесь признается возможность существования состояний с наименьшей энергией при отличном от нуля значении некоторых физических полей, возникает представление о существовании вакуумных конденсатов — состояний с отличным от нуля вакуумным средним. Спонтанное нарушение симметрии означает, что при определенных макроусловиях фундаментальные симметрии оказываются в состоянии неустойчивости. Платой за устойчивое состояние системы является асимметричность вакуума.

Наиболее распространенной и наглядной иллюстрацией спонтанного нарушения симметрии является пример со спонтанным нарушением вращательной симметрии. Пусть тело находится на вершине «мексиканского сомбреро» (или на доньшке бутылки). Очевидно, что симметричному решению исходной вращательной симметрии соответствует тело, находящееся на верхушке сомбреро (рис. 1). Однако это положение является неустойчивым, и в конце концов тело скатится в одно из устойчивых состояний, соответствующих минимуму энергии (рис. 2). При этом наблюдаемое состояние уже не отражает исходной вращательной симметрии, которая, тем не менее, по-прежнему существует.



Эта идея присутствует и в случае не вращательной, а калибровочной симметрии. Возможны ситуации, когда лагранжиан квантовой теории обладает точной симметрией, в то время как низшее же энергетическое состояние (вакуум) не обладает симметрией лагранжиана. В случае хиггсового поля мы имеем дело с подобным явлением, как если бы изменение потенциальной энергии вакуума имело форму «мексиканского сомбреро». Калибровочные бозоны и фермионы, взаимодействуя с этим конкретным состоянием вакуума, приобретают массы и заряды. Таким образом, в физику с использованием калибровочного принципа вкупе с идеей спонтанного нарушения симметрии вакуума в качестве основного методологического принципа входит принцип рассмотрения физических явлений и процессов сквозь призму диалектики симметрии и асимметрии. Ибо здесь явно просматривается диалектическое тождество этих противоположностей, когда симметрия содержит в себе в виде возможности асимметрию, а асимметрия зиждется на симметрии.

В 1967 году С. Вайнбергом и А. Саламом была применена идея спонтанного нарушения симметрии для построения единой теории электрослабых взаимодействий с массивными W^+ , W^- , Z^0 -бозонами и безмассовым фотоном, описываемой симметрией $SU(2) \cdot U(1)$. Предполагается существование такого этапа в эволюции вселенной, когда не существовало различий между электромагнитными и слабыми взаимодействиями. Однако последующее расширение Вселенной привело к нарушению симметрии $SU(2) \cdot U(1)$ до симметрии $U(1)$, отвечающей электромагнитному взаимодействию, и симметрии $SU(2)$, отвечающей слабому взаимодействию. Так что в настоящую эпоху симметрия между этими типами взаимодействий оказывается скрытой, что обнаруживается нами как различие между электромагнитным и слабым взаимодействиями. 1979 год ознаменовался вручением Нобелевских премий А. Саламу, С. Вайнбергу и Дж. Глэшоу за создание единой теории электрослабых взаимодействий. А эксперименты 1983 года на ускорителе в ЦЕРНе по обнаружению W^+ , W^- , Z^0 -бозонов, результаты которых оказались в полном соответствии с предсказаниями теории, дали подтверждение правильности стратегической линии использования идей калибровочной симметрии в единстве с представлением о спонтанно

нарушенной симметрии вакуума и явились косвенным подтверждением существования вакуумных хиггсовых конденсатов. Успех этот стимулирует физиков в направлении поисков адекватной симметрии, объединяющей сильное и электрослабое взаимодействие (Великое объединение) и симметрии, объединяющей Великое объединение и гравитационное (Суперобъединение).

6.6. Синергетическое видение эволюции Вселенной. Историзм физических объектов. Физический вакуум как исходная абстракция в физике

Космология, наука об эволюции Вселенной, очень молодая наука. Хотя космологические построения являлись сердцевинной многих учений, начиная с древности, все они являются предысторией научной космологии. Лишь создание общей теории относительности Эйнштейна в 1916 году открыло новую строго научную эру развития этой дисциплины. Современный же этап ее истории свидетельствует о полном слиянии двух, в прошлом различных, отраслей знания — космологии и физики элементарных частиц, в одну науку. Так что рассматриваемые в космологии модели эволюции Вселенной — не досужие домыслы фантазеров, а модели, которые еще должны прорабатываться, дополняться, но в рамках которых видится возможность для решения как известных космологических проблем, так и проблем физики элементарных частиц.

Современная космология рассматривает в качестве одного из наиболее вероятных сценариев эволюции Вселенной, в рамках которого удастся решить большинство космологических проблем, сценарий, включающий инфляционную стадию. Основная идея инфляционной теории состоит в том, что расширение Вселенной и весь последующий ход ее эволюции рассматриваются из состояния, когда вся материя была представлена только физическим вакуумом. Вакуум нашей Вселенной обладает вполне конкретными свойствами, определившими характер взаимодействий, специфику явлений, протекающих в нашем мире, размерность пространства, в котором мы живем. Возможно, наша Вселенная — это лишь мини-Вселенная, обитаемый островок,

на котором возникла жизнь нашего типа. Инфляция (от лат. *inflatio*) означает «вздутие». Инфляционная стадия предполагает процесс вздутия Вселенной. При этом вакуум той эпохи Вселенной — «ложный» вакуум. Он отличается от истинного вакуума (считается, что истинный вакуум — это состояние с наинизшей энергией) тем, что обладает огромной энергией. Квантовая природа наделяет «ложный» вакуум стремлением к гравитационному отталкиванию, обеспечивающему его раздувание. Этот «ложный» вакуум представляет собой симметричное, но энергетически невыгодное, нестабильное состояние, что на языке физики означает стремление его к распаду. Эволюция Вселенной предстает в контексте инфляционной теории как синергетический самоорганизующийся процесс. Если встать на **точку** зрения модели Вселенной как замкнутой системы, то процессы самоорганизации могут быть рассмотрены в ней как взаимодействие двух открытых подсистем — физического вакуума и всевозможных микрочастиц и квантов полей. Считается, что в процессе расширения из вакуумного суперсимметричного состояния Вселенная разогрелась до «большого взрыва». Дальнейший ход ее истории пролегал через критические точки — точки бифуркации, в которых происходили спонтанные нарушения симметрии исходного вакуума. В эти моменты энергия из вакуума перекачивалась в энергию тех частиц и полей, которые из вакуума же и рождались. Причем ход этой эволюции, выбор путей дальнейшего развития в моменты бифуркаций оказался именно таким, что в результате появилась жизнь нашего типа.

Как отмечалось выше, противопоставление между двумя видами материи, изучаемых физикой, между веществом и полем, выливается в противопоставление между бозе-частицами и ферми-частицами. Предполагается в рамках моделей Суперобъединения, что это различие проявилось во вполне определенный момент в процессе эволюции Вселенной через 10^{-43} секунд с момента взрыва, когда температура упала ниже критического значения $T_1 = 10^{19}$ ГэВ. То есть при температуре ниже T_1 проявляется различие видов материи по спинам; при температурах выше T_1 это различие должно сниматься. При температурах, больших T_1 , предполагается такое состояние материи, которое совпадало бы с понятием единого суперполя, рассматриваемого как

целое, в котором моменты его дальнейшего развития еще не вычленены, вследствие чего все возможные в будущем взаимодействия представляют собой одно. По достижении T_1 и ниже, можно констатировать разделение согласно классической терминологии, материи на вещество и поле соответственно по спинам. Иными словами, происходит саморасчленение единой субстанции на две противоположности — вещество и поле, а также расчленение единого суперполя единого взаимодействия на два — гравитационное и единое взаимодействие Великого объединения.

Следующий этап в эволюции Вселенной — это симметрия Великого объединения, симметрия между различными частицами с полуцелыми спинами. Речь здесь идет о тождестве между кварками и лептонами. При температурах, больших второго критического значения температуры (следующей точки бифуркации в эволюции) T_2 за счет существования квантов поля Великого объединения Х-бозонов, способных превращать кварки в лептоны, и наоборот, различие между цветными кварками и бесцветными лептонами нивелируется. Однако при достижении $T_2 = 10^{15}$ ГэВ примерно через 10^{-35} секунд с момента взрыва происходит спонтанное нарушение симметрии вакуума, вследствие чего Х-бозоны приобретают массу, и симметрия Великого объединения нарушается до симметрии SU(3), отвечающей сильным взаимодействиям, и симметрии SU(2) • U(1), отвечающей электрослабым взаимодействиям. Это момент самодвижения Вселенной, в которой проявляется такая качественная определенность у кварков, как цветовой заряд, что приводит к различному поведению кварков и лептонов в последующие эпохи. Вселенная представляет собой в период после второй критической точки кварк-глюонный мезок; другим аспектом этого момента является симметрия между электромагнитным и слабым взаимодействиями. Именно на этом витке в истории Вселенной происходят несимметричные распады массивных Х-бозонов, при этом частиц вещества рождается немного больше, чем частиц антивещества. Впоследствии вещество аннигилирует с антивеществом, превращаясь в γ -кванты. Избыток вещества и состав в последующем строительный материал, из которого рождаются звезды, звездные скопления и галактики. Так что наша Вселенная оказывается построенной из вещества. Но при этом она заполнена реликтовым излу-

чением, возникшим вследствие аннигиляции вещества и антивещества. Существование реликтового излучения было предсказано еще в 1948 году Г. Гамовым, Р. Альфером и Р. Херманом на основании фридмановской модели эволюции Вселенной. В 1964 году американскими радиоастрономами А. Пензиасом и Р. Вилсоном был зарегистрирован радиосум, который оказался шумом, соответствующим реликтовому излучению. Излучение это должно было выжить в процессе расширения Вселенной, вследствие которого температура его должна была постепенно понижаться и на сегодняшний день составлять примерно 3 градуса Кельвина.

Следующая критическая точка в районе температур $T_3 \approx 10^2$ ГэВ приводит к спонтанному нарушению симметрии электрослабого взаимодействия, что обнаруживается нами как различие между электромагнитным и слабым взаимодействием. При этом W^+ , W^- , Z^0 -бозоны приобретают массу.

В районе температур $T_4 \approx 1$ ГэВ нарушается так называемая киральная симметрия, что приводит к фрагментации кварков и глюонов на отдельные области — протоны и нейтроны.

Дальнейшая эволюция Вселенной приводит к возникновению водорода, гелия, ионизованного газа, звезд, звездных скоплений, галактик и т. д.

Спонтанное нарушение симметрии вакуума выражается в том, что он отдает энергию на рождение микрообъектов, на приобретение ими масс и зарядов, вследствие чего плотность энергии вакуума уменьшается примерно на 120 порядков и после всех этих качественных скачков становится равной 0.

Современное развитие физики выработало новый взгляд на природу физических объектов, который можно было бы охарактеризовать как целостно-синергетический. Можно сказать, что основным объектом изучения физики становится единая неделимая самоорганизующаяся Вселенная. Вакуум рассматривается как конкретно-всеобщая часть ее, обеспечивающая самоорганизующиеся процессы ее эволюции. Следует подчеркнуть определяющую роль физического вакуума в современной физической теории. Выделенность вакуума, его особая роль в космологических процессах возникновения и развития физического мира позволяет рас-

сма­три­вать его в качестве исходной абстракции в теоретической физике. Именно физический вакуум принимает непосредственное участие в формировании и качественных и количественных свойств физических объектов. Такие свойства, как спин, масса, заряд, проявляются именно во взаимодействии с определенным вакуумным конденсатом вследствие перестройки вакуума в результате спонтанного нарушения симметрии, что вносит коррективы в представление об историзме физических объектов. Ибо любой физический объект со своими характеристиками рассматривается в современной теории как момент, элемент космологической эволюции Вселенной.

6.7. Антропный принцип. «Тонкая подстройка» Вселенной

Разобщенность мира, которая имела место в классической физике между физической картиной мира и человеком, преодолевается. Ибо сама жизнь является следствием определенным образом нарушенных симметрий. Однако возникает вопрос, как получилось такое согласованное нарушение симметрий, что в результате всех перипетий возник человек? По мере проникновения в тайны строения физического мира от элементарных частиц до галактик не перестаешь удивляться точно «подобранным» значениям фундаментальных постоянных, удивительному совпадению ряда чисел, построенных из этих фундаментальных постоянных, так называемой «тонкой подстройкой» Вселенной. А если бы в природе реализовалась другая последовательность чисел? Появился бы человек и каким бы он был? Попытка связать основные особенности того мира, в котором мы живем, с самим фактом существования человека, познающего этот мир, привела к формулированию принципа, который вряд ли можно назвать строго физическим принципом, но который, тем не менее, основывается на неоспоримом факте существования человека в нашей Вселенной. Этот принцип был назван антропным.

Антропный принцип в физике впервые был сформулирован в 1961 году Д. Дикке, а в дальнейшем развит Б. Картером, которому и принадлежит сам термин «антропный принцип». Антропный принцип утверждает, что мир

таков, каков он есть, потому что в противном случае некому был бы спрашивать о том, почему мир таков. Можно сказать, что наука со времен Коперника развивалась таким образом, что наблюдателю-человеку в ней отводилась весьма скромная роль. Человек не занимал какого-либо привилегированного, центрального положения в науке о Вселенной. Как бы без внимания оставался и тот факт, что необходимой предпосылкой нашего существования являются благоприятные условия (температура, химический состав окружающей среды и т. д.), возникновение которых оказалось возможным благодаря именно тонкой подстройке значений физических величин во Вселенной. Некоторые ученые обратили внимание на ограниченность такого подхода, считая, что строение физического мира неотделимо от обитателей, наблюдающих его в самом фундаментальном смысле. Наше положение в мире, если и не является центральным, то неизбежно — привилегированным. И можно заранее, до наблюдений предсказать ряд астрофизических и других факторов по той причине, что то, что мы ожидаем наблюдать, должно быть ограничено условиями, необходимыми для нашего существования как наблюдателей. Основанием для таких предсказаний и служит антропный принцип — как принцип, отражающий невероятно тонкую подстройку Вселенной.

Можно привести несколько примеров, свидетельствующих о том, что свойства окружающего нас мира явились результатом определенной согласованности соответствующих фундаментальных констант. Интервал возможных значений этих констант, обеспечивающий нам мир, пригодный для жизни, очень мал. Так, ослабление на несколько порядков константы сильных взаимодействий привело бы к тому, что на ранних стадиях расширения Вселенной образовывались бы, в основном, только тяжелые элементы, и в мире не было бы источников энергии. Если на несколько порядков было бы меньше гравитационное взаимодействие, то не возникло бы условий для протекания ядерных реакций в звездах. Усиление слабых взаимодействий превратило бы на ранних этапах эволюции Вселенной все вещество в гелий, а значит, отсутствовали бы реакции термоядерного синтеза в звездах. Наконец, усиление на несколько порядков электромагнитного взаимодействия привело бы к заключению электронов внутри атомных ядер и не-

возможности вследствие этого химических превращений и реакций. Не говоря уже о том, что если бы первоначальная скорость расширения Вселенной хотя бы на 0,1% была бы меньшей критической скорости расширения, то Вселенная достигла бы лишь $3 \cdot 10^{-6}$ своего теперешнего радиуса, после чего она бы начала сжиматься. Разумеется, «таких если бы» существует еще достаточное количество, но и приведенных примеров достаточно, чтобы понять: в современную физику наряду с идеей самоорганизации входит также идея целесообразности, что приводит к появлению в физической картине мира человека как уникального и одновременно естественного результата глобально-космической эволюции.

Безусловно, антропный принцип возник не сейчас, корни его имеют начало на самых ранних этапах истории человеческой культуры. Однако «переоткрытие» антропного принципа в современной космологии имеет важное значение в становлении нового постнеклассического типа научной рациональности. Существуют разные версии антропного принципа: слабый антропный принцип, сильный антропный принцип, финалистский антропный принцип, антропный принцип, включающий соучастника-наблюдателя. Появляются и теологические нотки при обсуждении антропного принципа. Все это повлияло на то, что многие ученые-физики с настороженностью относятся к этому принципу, рассматривая его как ненаучный. Однако положение резко меняется, если антропный принцип рассматривать в контексте синергетического самоорганизующегося процесса эволюции Вселенной. Здесь на первый план выдвигается идея о корреляции свойств наблюдателя и свойств мира подобно корреляции между состояниями двух разных частиц в эксперименте Эйнштейна — Подольского — Розена. То есть речь идет о вероятности того, что мир имеет наблюдаемые нами свойства. А это значит, что можно сравнивать вероятности оказаться в разных мирах с разными свойствами. То есть антропный принцип получает не-теологическое объяснение при условии существования множества миров. Следует сказать, что инфляционные сценарии раздувания Вселенной содержат в себе результаты, предсказывающие разделение Вселенной на неограниченно большое числом мини-вселенных — огромных областей, внутри которых реализуются свои типы физических ваку-

умов, размерностей пространства-времени, цепочек спонтанного нарушения симметрий. Так что вероятность возникновения из этого огромного числа разных мини-вселенных таких, которые подобны нашей, в которых возможна жизнь, подобная нашей, существует. Как отмечает сам автор инфляционного сценария самовосстанавливающейся Вселенной А. Линде: «Мы живем в областях с определенными свойствами пространства-времени и материи не потому, что другие области невозможны, а потому что области обсуждаемого типа существуют, а в других областях жизнь нашего типа невозможна или маловероятна».

Современная физика с использованием антропного принципа как бы расширяет границы своего традиционного рассмотрения вопросов. Человек, рассматриваемый ранее лишь в качестве непосредственного потомка прогрессивной эволюции жизни в биосферных условиях, предстает уже в качестве непосредственного продукта космологической эволюции Вселенной.

Вопросы для самоконтроля

1. Что доказывает теорема Нетер?
2. Сформулируйте известные вам законы сохранения. Следствием каких симметрий эти законы являются?
3. В чем суть калибровочного принципа?
4. Какие типы физических взаимодействий вам известны? Какова их природа?
5. Расскажите о ферми- и бозе-частицах.
6. Приведите классификацию элементарных частиц.
7. Каковы физические идеи, лежащие в основе построения единой теории поля?
8. Опишите инфляционный сценарий эволюции Вселенной.
9. Какова роль физического вакуума в структуре современной физической теории?
10. Каково значение антропного принципа в современной науке?
11. Охарактеризуйте основные черты постнеклассического этапа в развитии физики.

Примечания

¹ Различают продольные и поперечные волны. Механическая волна — это процесс распространения колебаний частиц в упругой среде. Однако хорошо известно, что жидкости и газы — текучи, то есть в них не возникает сил упругости при деформации сдвига, при изменении формы тела. Следовательно, в жидкостях и газах могут существовать только продольные механические волны, являющиеся следствием наличия сил упругости при деформации сжатия (растяжения), то есть при изменении объема тел.

² Здесь следует заметить, что сам по себе принцип инерции свидетельствует об однородности точек пространства. Тот факт, что принцип инерции был сформулирован только в Новое время, говорит о том, что укоренившимся взглядом на порядок вещей в природе была концепция Аристотеля о неоднородности точек пространства в подлунном мире, согласно чему каждое тело стремится к своему естественному месту, тяжелое — вниз, а легкие газы — вверх).

³ Цит. по: *Смородинский ЯЛ.* Температура. М., 1987. С. 12.

⁴ Цит. по: *Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики. М., 1979. С. 74.

⁵ *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. М., 1965. С. 39.

⁶ Цит. по: *Эйнштейн А, Инфельд Л.* Эволюция физики. М., 1965. С. 40.

⁷ Цит. по: *Фен. Дж.* Машины. Энергия. Энтропия. М., 1986. С. 104.

⁸ *Карно С.* Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. М. Пг., 1923. С. 5.

⁹ *Майер Р.* Закон сохранения и превращения энергии. Четыре исследования 1841-1851 гг. М.-Л., 1933. С. 93-94.

¹⁰ Там же. С. 127.

¹¹ *Гельмгольц Г.* О сохранении сил. М., 1922. С. 15.

¹² Второе начало термодинамики. М.-Л., 1934. С. 133-134.

¹³ *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986. С. 173.

¹⁴ *Ландау Л Д., Лифшиц Е.М.* Статистическая физика. М., 1964. С. 46.

¹⁵ *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. С. 308.

¹⁶ *Больцман Л.* Избранные труды. М., 1984.

Раздел IV

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХИМИИ

1. Химия в системе "общество-природа"

На протяжении длительного развития человечество не раз сталкивалось с большим числом проблем, от которых нередко зависело само его существование. Чтобы выжить, наш предок научился изготавливать и использовать простейшие орудия труда, чем компенсировал свои природные недостатки. В дальнейшем первобытный человек, оказавшись перед проблемой обеспечения пищей, освоил охоту, а затем земледелие и скотоводство. Освоение все более сложных орудий и предметов труда вызвало энергетическую проблему, потребовало перехода от естественных источников энергии к более совершенным. Энергетическая проблема последовательно привела человека к освоению энергии пара, тепловой, электрической энергии, наконец, энергии атома.

Необходимость повышения производительности труда и эффективности производства, роста темпов добычи и переработки громадного объема минеральных ресурсов, наряду с необходимостью решения многих жизненно важных проблем вызвали к жизни использование химической технологии, всеобщую химизацию, а затем и компьютеризацию общественного производства и быта.

Суммируя, можно сказать, что лейтмотивом, осью развития человеческой цивилизации была и есть проблема выживания человеческого общества в условиях окружающей среды, природы в целом. Мотив выживания, как представляется, есть ведущий мотив всей преобразующей деятельности человека на земле. Для своего выражения чело-

век всегда будет вынужден решать вечные проблемы овладения веществом, энергией и информацией.

Успехи человека в решении больших и малых проблем выживания в значительной мере были достигнуты благодаря развитию химии, становлению различных химических технологий. Успехи многих отраслей человеческой деятельности, таких как энергетика, металлургия, машиностроение, легкая и пищевая промышленность и других, во многом зависят от состояния и развития химии. Огромное значение химия имеет для успешной работы сельскохозяйственного производства, фармацевтической промышленности, обеспечения быта человека.

Химическая промышленность производит десятки тысяч наименований продуктов, многие из которых по технологическим и экономическим характеристикам успешно конкурируют с традиционными материалами, а часть — являются уникальными по своим параметрам. Химия дает материалы с заранее заданными свойствами, в том числе и такими, которые не встречаются в природе. Подобные материалы позволяют проводить технологические процессы с большими скоростями, температурами, давлениями, в условиях агрессивных сред. Для промышленности химия поставляет такие продукты, как кислоты и щелочи, краски, синтетические волокна и т. п. Для сельского хозяйства химическая промышленность выпускает минеральные удобрения, средства защиты от вредителей, химические добавки и консерванты к кормам для животных. Для домашнего хозяйства и быта химия поставляет моющие средства, краски, аэрозоли и другие продукты.

Химия характерна не только тем, что обеспечивает производство многих необходимых продуктов, материалов, лекарств. Во многих отраслях промышленности и сельскохозяйственного производства широко используются также **химические методы** обработки: белиение, крашение, печатание в текстильной промышленности; обезжиривание, травление, цианирование в машиностроении; кислородное дутье в металлургии; консервация, синтезирование витаминов и аминокислот — в пищевой и фармацевтической промышленности и т. д. Внедрение химических методов ведет к интенсификации технологических процессов, увеличению выхода полезного вещества, снижению отходов, повышению качества продукции.

Таким образом, химизация, как процесс внедрения химических методов в общественное производство и быт, позволила человеку решить многие технические, экономические и социальные проблемы. Однако масштабность, а нередко и неуправляемость этого процесса обернулась «второй стороной медали». Химия прямо или опосредованно затронула практически все компоненты окружающей среды — сушу, атмосферу, воду Мирового океана, внедрилась в природные круговороты веществ. В результате этого нарушилось сложившееся в течение миллионов лет **равновесие природных процессов** на планете, химизация стала заметно отражаться на здоровье самого человека. Получилась ситуация, которую ученые обоснованно именуют химической войной против населения Земли. За последние **30-40** лет в этой войне пострадали сотни миллионов жителей планеты. Возникла самостоятельная ветвь экологической науки — химическая экология.

Основными источниками, загрязняющими окружающую среду, кроме собственно химической промышленности, являются металлургия, автомобильный транспорт, тепловые электростанции. Они дают большой объем газообразных отходов, загрязняют водоемы рек и озер сточными водами, используемыми в технологических целях. Газообразные отходы содержат оксиды углерода, серы, азота, соединения свинца, ртути, бензопирен, сероводород и другие вредные вещества. В связи со сжиганием топлива в больших объемах возникла проблема снижения концентрации кислорода и озона в атмосфере, получившая название «кислородного голодания».

К твердым отходам относятся отходы горнодобывающей промышленности, строительный и бытовой мусор. Сточные воды содержат многие неорганические соединения — ионы ртути, цинка, кадмия, меди, никеля и т. д. Пятая часть вод Мирового океана загрязнена нефтью и нефтепродуктами. Значительный ущерб водоемам вследствие вымывания удобрений из почвы наносят загрязнения, связанные с сельскохозяйственным производством. Вредные вещества из воздуха и воды попадают в почву, в которой накапливаются тяжелые металлы, радиоактивные элементы.

В организм человека вредные вещества попадают через воздух, воду и пищу. Таким образом, человечество, пройдя ряд этапов развития — от огня костра до термоядерной

бомбы, — в начале XXI века оказалось в условиях, когда в очередной раз встал вопрос о его выживании. Угроза экологической катастрофы требует решительного пересмотра отношений современной «химической» цивилизации и природы в сторону оптимизации этих отношений. Задача заключается в том, чтобы через новые технологии гармонизировать отношения «общество — природа» таким образом, чтобы компенсаторных возможностей окружающей среды было достаточно для нейтрализации антропогенных воздействий на нее.

Новые технологии по своим параметрам должны приближаться к природным процессам, отличаться от промышленных своей безотходностью или малоотходностью. В безотходном производстве технологический цикл «сырье — производство — использование готового продукта — вторичное сырье» вписывается в окружающую среду, не нарушая экономического развития. В настоящее время наметились следующие пути решения сложных экологических проблем: комплексная переработка сырья; пересмотр традиционных процессов и схем получения известных продуктов; внедрение бессточных и замкнутых схем водопотребления; очистка выбрасываемых газов; использование промышленных комплексов с замкнутой структурой материальных и энергетических потоков.

Проблема выживания человека в конце XX века оказалась усложненной проблемами геополитического, социального и чисто технического характера. Решение последних затруднено ввиду потребительского характера сложившейся цивилизации и эгоцентризма индустриально развитых стран. Однако, опираясь на идеи В.И. Вернадского о перерастании биосферы в ноосферу, можно говорить о неслучайности появления человека на Земле, о его предназначении в кризисной ситуации сыграть роль спасителя природы.

Экологические проблемы порождены не только экономикой и техникой, но и **нравственным состоянием** человека. Вопрос состоит не только в том, чтобы остановить процесс разрушения природы техническими средствами. Вопрос состоит в том, чтобы в корне изменить **потребительское отношение человека** к окружающему миру. Человечество должно стремиться не просто к выживанию, но и к нормальной, достойной каждого человека жизни в условиях гармонии с природой.

Из сказанного вытекает, что место и роль химии в современной цивилизации должны рассматриваться системно, т. е. во всем многообразии отношений, существующих между обществом и природной средой в рамках критерия экологической безопасности. При этом неизбежно рассмотрение химии как активного элемента сложной системы «общество — природа», представляющего собой, в свою очередь, открытую систему со своей структурой и взаимодействием между веществом, энергией и информацией.

I Предмет химии

ХИМИЯ — это естественная наука, изучающая состав, свойства и химические превращения веществ, явления, которые сопровождают эти превращения, а также рассматривает вопросы использования результатов этих превращений. Самое краткое определение предмета химии дал великий русский ученый-химик Д.И. Менделеев в книге «Основы химии». По Менделееву, химия — это учение об элементах и их соединениях.

Отдельные химические процессы (получение материалов из руд, крашение тканей и др.) использовались еще на заре становления человеческой цивилизации. Позже, в III—IV веках, зародилась алхимия, задачей которой было превращение неблагородных металлов в благородные (золото, серебро). Начиная с эпохи Возрождения, химические исследования все в большей мере стали использовать для практических целей (металлургия, стекольное дело, керамика, получение красок и т. д.). Во второй половине XVII века Р. Бойль дал научное определение понятия «химический элемент».

Превращение химии в подлинную науку завершилось во второй половине XVIII века, когда был сформулирован закон сохранения массы вещества при химических реакциях (М.В. Ломоносов, А.Л. Лавуазье). В начале XIX века Дж. Дальтон ввел понятие «молекула». Атомно-молекулярные представления утвердились в 60-х годах XIX века. В этот период А.М. Бутлеров создал теорию строения химических соединений, а Д.И. Менделеев (1869 г.) открыл периодический закон (периодическая система элементов Менделеева). С конца XIX — начала XX века важнейшим

направлением химии стала разработка теоретических основ науки (атомно-молекулярное учение), изучение закономерностей химических процессов.

В современной химии постепенно оформились самостоятельные области химической науки: неорганическая химия, органическая химия, химия полимеров, аналитическая химия, другие ответвленные науки. На стыке химии и других областей знания сложились такие науки, как физическая химия, агрохимия, геохимия, биохимия. На базе достижений химии появился также ряд технических наук, как, например, металлургия, термохимия, электрохимия и др.

3. Физические и химические изменения веществ

Вещество представляет собой однородный (гомогенный) вид материи, т. е. такой материи, каждая частица которой имеет одинаковые физические свойства. Различные изделия, имеющие различное назначение и форму, могут быть изготовлены из одного и того же материала, но их вещество будет одинаковым. Под веществом будем понимать чистую материю, без примесей. Под материалом — вещество того же наименования, полученное в реальных условиях, т. е. имеющее неизбежные примеси.

Вещества по своему составу делятся на простые и сложные; по происхождению — на натуральные (природные) и искусственные; по агрегатному состоянию — на твердые, жидкие и газообразные; по внутреннему строению — на аморфные (неупорядоченные по структуре) и кристаллические, имеющие упорядоченную периодическую структуру (кристаллическое строение).

Вещества, взаимодействуя друг с другом, подвергаются различным изменениям и превращениям.

Физическим изменением вещества называют такое изменение, при котором внутреннее строение, состав и свойства не подвергаются изменению. Например, из древесины изготавливают мебель, при этом внутреннее строение (структура), состав и свойства древесины остаются прежними.

Химическими изменениями вещества называют такие, когда в результате взаимодействия не менее двух исходных

веществ (химической реакции) появляются одно или несколько других веществ, отличающихся от первоначальных составом, структурой и свойствами. Например, раскаленная сталь покрывается на воздухе окалиной; уголь, сгорая, образует углекислый газ; в результате химической переработки природного газа получают водород, ацетилен, метиловый спирт и другие продукты. Именно такими изменениями веществ, их получением, описанием и объяснением занимается химия.

Экспериментально доказано, что многие физические изменения сопровождаются химическими изменениями, и наоборот. Раскаленная сталь на воздухе, как было сказано, покрывается окалиной, а уголь, сгорая, дает тепло и свет. Практическое применение химических изменений излагает **химическая технология** — область знания о методах и средствах рациональной химической переработки сырья, полуфабрикатов и промышленных отходов.

4. Химический анализ.

Понятие о химическом элементе

ЕСЛИ подвергнуть, например, обыкновенный известняк нагреву, получится известь и углекислый газ. Известь и углекислый газ можно подвергнуть дальнейшему разложению (известь на кальций и кислород, углекислый газ на углерод и кислород). Полученные вещества разложению уже не подвергаются. На сегодня известно 116 таких веществ, их называют простейшими веществами или **химическими элементами**.

Химическое разложение, в результате которого получают простейшие вещества, называется **химическим анализом**. В результате химического анализа определяется, какие элементы содержатся в исследуемом веществе. Химическую реакцию анализа упрощенно можно выразить уравнением: $A = B + C$, где A — исходное сложное вещество, а B и C — полученные вещества (химические элементы).

Все известные на сегодня химические элементы в систематизированном виде в соответствии с периодическим законом, открытым Д.И. Менделеевым, расположены в

Периодической системе элементов Менделеева — таблице, приведенной ниже.

Химические элементы классифицируются на металлы (золото, платина, серебро, железо, медь, алюминий, кальций, ртуть и др.) и неметаллы (сера, фосфор, углерод, азот, хлор, кислород и т. д.). Установлено, что в составе земной коры, морской воды и атмосферы содержится примерно:

49,5 % кислорода	2,63 % натрия
25,3 % кремния	2,4 % калия
7,5 % алюминия	1,93 % магния
5,08 % железа	0,87 % водорода
3,39 % кальция	менее 1 % остальных.

Из сказанного следует, что простейшие вещества являются основой всей живой и неживой материи, а следовательно, и всей Вселенной.

Большинство веществ, находящихся в естественных условиях, состоят в соединениях друг с другом, т. е. являются веществами сложными. Незначительное число элементов в природе находится в свободном состоянии (кислород, серебро, сера и некоторые другие). Ряд химических элементов может существовать в разных модификациях. Так, например, элемент кислород образует два видоизменения: кислород и озон; углерод — три: алмаз, графит и корбин и т. д. Явление видоизменения одного и того же элемента, связанного со сложным внутренним строением химических элементов, называется аллотропией, а образующиеся простейшие вещества — аллотропными видоизменениями или модификациями.

Химический синтез. Понятие о соединении

ЕСЛИ нагревать ЦИНКОВЫЙ порошок с серой (два отдельных элемента), то в результате получается соединение, называемое сернистым цинком, которое по своим свойствам отличается от исходных простейших веществ. Такое соединение элементом называется **синтезом**. Синтез осуществляется только в результате **химической реакции**, при которой появляется более сложное вещество с новыми

свойствами и строением, отличными от свойств и строения исходных веществ.

Когда говорят о химическом синтезе, то подразумевают получение сложных соединений из исходных элементов (например, производство искусственного каучука, камфары и т. д.). Полученные материалы в результате синтеза называют синтетическими материалами. Химический синтез можно упрощенно выразить уравнением $A + B = C$, где A и B — исходные вещества, а C — синтезированное вещество. Способность вещества соединяться с одним или большим числом веществ называется **валентностью**, механизм которой будет приведен ниже.

Простое перемешивание исходных материалов без их химического соединения называют смесью. Смесей состоят из нескольких веществ, каждое из которых сохраняет свои индивидуальные свойства и может быть выделено в чистом виде. При смешивании веществ речь идет о физическом процессе.

I Химические обозначения

В химии для обозначения химических **элементов**, отображения состава сложных веществ и химических реакций, для показа производимых количественных расчетов вырабатан свой особый язык.

Элементы принято обозначать **химическими символами**. Символ состоит из первой буквы или первой и одной из следующих букв латинского названия элемента — первая буква всегда прописная, вторая — строчная. Например, бор (Borium) имеет символ B , барий (Barium) обозначается Ba , железо (Ferrum) — Fe и т. д.

Состав сложных химических веществ отображается химическими формулами. При этом символы элементов пишутся рядом друг с другом. Например, FeS — формула соединения железа с серой; H_2SO_4 — формула серной кислоты, где цифры показывают необходимые пропорции входящих в состав серной кислоты водорода, серы и кислорода. С помощью химических символов и формул записываются химические уравнения. В каждом уравнении, как в математике, имеются две части, соединенные знаком равен-

ства. В левой части записываются формулы веществ, вступающих в реакцию, в правой — формулы веществ, образовавшихся в результате реакции. По химическим формулам и уравнениям производятся различные количественные расчеты.

I Основные законы химии

Химические процессы подчиняются всеобщим законам природы — закону сохранения массы вещества и закону сохранения энергии, а также ряду специфических для химии законов, которыми управляются все химические реакции.

Закон **сохранения массы** вещества установили М.В. Ломоносов (1756 г.) и А.Л. Лавуазье (1789 г.) почти независимо друг от друга. Они далеко продвинули развитие химии тем, что при химических реакциях применили физические методы, в частности, взвешивание.

Закон сохранения массы в химических процессах можно сформулировать так: **масса веществ, вступающих в химическую реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.** Например, при разложении воды масса воды будет равна сумме массы водорода и массы кислорода. Из закона сохранения вещества вытекает, что вещество нельзя ни создать из ничего, ни уничтожить совсем.

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

$$M_{\text{т}} + M_{\text{ж}} + M_{\text{г}} = M'_{\text{т}} + M'_{\text{ж}} + M'_{\text{г}}$$

г $M_{\text{т}}, M_{\text{ж}}, M_{\text{г}}$ соответственно массы твердых, жидких и газообразных материалов, поступивших на обработку (приход материалов); $M'_{\text{т}}, M'_{\text{ж}}, M'_{\text{г}}$ — массы продуктов, получившихся в результате химической переработки (расход материалов).

Закон сохранения массы веществ М.В. Ломоносов связывал с законом сохранения энергии. Он рассматривал эти

законы в единстве. Взгляды Ломоносова подтверждены современной наукой.

Закон сохранения энергии действует во всех случаях и повсюду, где одна форма энергии переходит в другую. Например, при переходе энергии пара в турбине в энергию вращательного движения, т. е. механическую энергию, при переходе электрической энергии в электрической лампочке в световую и т. д. Так же как нельзя ни уничтожить, ни создать вещество, нельзя ни создать, ни уничтожить энергию.

Особым видом энергии является химическая энергия, которая освобождается или расходуется при каждой химической реакции. Химическую энергию, как любой вид энергии, можно превратить в механическую (использование взрывчатых веществ), тепловую (сжигание топлива), электрическую (гальванические элементы) и т. п. Измерить химическую энергию непосредственно нельзя. Ее величина определяется, как и величина тепловой энергии, в килоджоулях (в кДж).

Различают химические реакции с выделением тепла и химические реакции с поглощением тепла. Первые называются *экзотермическими*, вторые — *эндотермическими* реакциями. Изучением тепловых явлений при химических реакциях занимается термохимия.

Количественным выражением закона сохранения энергии в химическом производстве является *тепловой (энергетический) баланс*. Применительно к тепловым процессам химической переработки закон сохранения энергии формулируется так: количество тепловой энергии, принесенной в зону взаимодействия веществ, равно количеству энергии, вынесенной веществами из этой зоны. Пример равенства прихода и расхода теплоты можно выразить уравнением:

$$Q_{\phi} + Q_{\text{э}} + Q_{\text{в}} = Q'_{\phi} + Q'_{\text{п}},$$

где Q_{ϕ} — физическая теплота, введенная в процесс с исходными веществами; $Q_{\text{э}}$ — теплота экзотермических реакций; $Q_{\text{в}}$ — теплота, введенная в процесс извне; Q'_{ϕ} — физическая теплота, выведенная из процесса с продуктами реакции; $Q'_{\text{п}}$ — потери теплоты в окружающую среду.

К специфическим законам химии относятся такие законы, как закон постоянства состава (Ж. Пруст, 1808 г.), закон

постоянных весовых отношений (Дж. Дальтон, 1800 г.), закон простых объемных отношений для газов (Ж.Л. Гей-Люссак, 1808 г.) и в качестве его развития — закон А. Авогадро (1811 г.). Данными законами руководствуются ученые-химики и практики для проведения химических расчетов.

I Реакционная способность веществ

Число известных в природе и технике химических процессов очень велико. Одни из них, например, окисление бронзы на воздухе, протекают веками, другие — горение бензина — очень быстро. Разложение же взрывчатых веществ происходит в миллионные доли секунды. При промышленном производстве химических продуктов очень важно знать закономерности протекания реакций во времени, т. е. зависимость их скорости и выхода продукта от температуры, давления, концентрации реагентов и примесей.

Изучением скорости и особенностей протекания химических реакций занимается химическая кинетика. Основопологающим для химической кинетики является представление о том, что исходные вещества, вступающие в химическую реакцию, чрезвычайно редко непосредственно превращаются в ее продукты. В большинстве случаев реакция проходит ряд последовательных и параллельных стадий, на которых образуются и расходуются промежуточные вещества. Число последовательных стадий может быть очень велико — в цепных реакциях их десятки и сотни тысяч. Время жизни промежуточных веществ весьма разнообразно: одни вполне стабильны, другие существуют в равновесном состоянии доли секунды. Изучение скорости протекания химических процессов показало, что химические реакции протекают тем быстрее, чем выше температура, давление и концентрация реагентов.

На скорость некоторых химических реакций можно влиять присутствием небольшого количества определенных веществ, которые сами в реакции участия не принимают. Вещества эти называются катализаторами. Катализаторы бывают положительными, ускоряющими реакцию, и отрицательными — замедляющими ее. Каталитическое ускорение химической реакции называется катализом и

является приемом современной химической технологии (производство полимерных материалов, синтетического топлива и др.). Считается, что удельный вес каталитических процессов в химической промышленности достигает 80%. Благодаря катализу существенно повысилась эффективность экономики химической промышленности, поскольку ускорение химических реакций заметно влияет на снижение издержек производства.

9. Атомно-молекулярное учение

Ведущей идеей атомно-молекулярного учения, составляющего фундамент современной физики, химии и естествознания, является идея дискретности (прерывности строения) вещества. Вещество не заполняет целиком занимаемое им пространство, оно состоит из отдельных, находящихся на очень малом расстоянии друг от друга частиц, называемых **молекулами**. Молекула — это наименьшая частица данного вещества, обладающая его химическими свойствами. Свойства молекулы определяются ее составом и химическим строением.

Каждая молекула, в свою очередь, состоит из **атомов**. Атом — наименьшая частица химического элемента, входящая в состав молекул простых и сложных веществ. Химические свойства элемента определяются строением его атомов. Число видов молекул исчисляется количеством возможных соединений атомов (порядка миллиона), число атомов равно числу химических элементов (116, о чем уже было сказано выше).

Атомы разных наименований веществ различаются атомной массой. При обычных условиях атомы отдельно существовать не могут. Ввиду их способности соединяться, одноименные атомы образуют молекулы элементов, а разноименные — молекулы соединений. Атомы элементов не меняются в результате химического процесса. Молекулы при любой химической реакции изменяются.

Атом сложен по своему строению. С открытием радиоактивности в самом конце XIX века представление о неделимости атома изменилось. Было доказано, что атомы

веществ имеют сложное строение, и что все химические изменения вызываются преимущественно действием электрических сил. Атомы всех элементов являются системами, образующимися из так называемых элементарных частиц — протонов, электронов, нейтронов. Атомы одного и того же элемента имеют ядро, содержащее одинаковое число протонов. Атомы разных элементов различаются между собой числом протонов и их расположением.

Согласно электронной теории строения вещества, атом любого элемента состоит из электрически положительно заряженного атомного ядра, состоящего из протонов и нейтронов. Вокруг ядра, подобно планетам Солнечной системы, обращаются электроотрицательно заряженные электроны («электронная оболочка»), которые по сравнению с ядром почти не имеют массы. Атом в целом является электрически нейтральным — заряд ядра атома равен заряду электронной оболочки, т. е. число электронов оболочки равно числу протонов ядра атома. Электроны вращаются вокруг ядра атома по определенным энергетически уравновешенным орбитам.

Таким образом, определение атома, приведенное выше, следует уточнить. Согласно современным представлениям, **атом** — это электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного атомного ядра и отрицательно заряженных электронов.

Молекулы, находясь в непрерывном движении, сталкиваются друг с другом электронными оболочками. Так как электронные оболочки молекул отталкиваются, то они при столкновении отскакивают. Если соударения сильные, то может высвободиться достаточное количество энергии для перегруппировки электронов в столкнувшихся молекулах. При этом происходит формирование нового набора связей между атомами, т. е. образование новых соединений. Так, согласно атомно-молекулярного учения, происходят химические реакции.

Учение о строении атома сыграло колоссальную роль в химии и физике XIX века. На основе атомной модели вскрыты глубинные принципы периодического изменения свойств химических элементов и развита теория Периодической системы Д.И. Менделеева. Решающее значение здесь имело установление закономерностей формирования электронных конфигураций (оболочек) по мере роста заря-

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																			
Период	I б						VII б						VIII б						
	а	и	б	а	и	б	а	и	б	а	и	б	а	и	б	а	и	б	
1	H																		
2	3 Li 6.941 ЛИТИЙ	4 Be 9.01218 БЕРИЛЛИЙ	5 B 10.811 БОР	6 C 12.011 УГЛЕРОД	7 N 14.0067 АЗОТ	8 O 15.9994 КИСЛОРОД	9 F 18.99848 ФТОР	10 Ne 20.1797 НЕОН											
3	11 Na 22.98977 НАТРИЙ	12 Mg 24.305 МАГНИЙ	13 Al 26.98154 АЛЮМИНИЙ	14 Si 28.0855 КРЕМНИЙ	15 P 30.97376 ФОСФОР	16 S 32.06 СЕРА	17 Cl 35.453 ХЛОР	18 Ar 39.948 АРГОН											
4	19 K 39.0983 КАЛИЙ	20 Ca 40.078 КАЛЬЦИЙ	21 Sc 44.95591 СКАНДИЙ	22 Ti 47.88 ТИТАН	23 V 50.9415 ВАНАДИЙ	24 Cr 51.99616 ХРОМ	25 Mn 54.938044 МАРГАНЦ	26 Fe 55.845 ЖЕЛЕЗО	27 Co 58.933195 КОБАЛЬТ	28 Ni 58.6934 НИКЕЛЬ									
	29 Cu 63.546 МЕДЬ	30 Zn 65.38 ЦИНК	31 Ga 69.723 ГАЛЛИЙ	32 Ge 72.6308 ГЕРМАНИЙ	33 As 74.9216 АРСЕН	34 Se 78.96 СЕЛЕН	35 Br 79.904 БРОМ	36 Kr 83.80 КРИПТОН											
5	37 Rb 85.4678 РУБИДИЙ	38 Sr 87.62 СТРОНЦИЙ	39 Y 88.90585 ИТРИЙ	40 Zr 91.224 ЦИРКОНИЙ	41 Nb 92.90638 НИОБИЙ	42 Mo 95.94 МОЛИБДАЙН	43 Tc 98.90625 ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru 101.07 РУТИЛИЙ	45 Rh 101.0725 РОДИЙ	46 Pd 106.42 ПАЛЛАДИЙ									
	47 Ag 107.8682 СЕРЕБРО	48 Cd 112.411 КАДМИЙ	49 In 114.818 ИНДИЙ	50 Sn 118.710 ОЛОВО	51 Sb 121.757 СВЯТОСЛАВ	52 Te 127.603 ТЕЛЛУР	53 I 126.90548 ИОД	54 Xe 131.29 КСЕНОН											
6	55 Cs 132.90545 ЦЕЗИЙ	56 Ba 137.327 БАРИЙ	57 La 138.90547 ЛАНТАН	72 Hf 178.49 ГАФНИЙ	73 Ta 180.94788 ТАНТАЛ	74 W 183.84 ВОЛФРАМ	75 Re 186.207 РЕЙСКИЙ	76 Os 190.23 ОСМИЙ	77 Ir 192.222 ИРИДИЙ	78 Pt 195.084 ПЛАТИНА									
	79 Au 196.96657 ЗОЛОТО	80 Hg 200.59 РТУТЬ	81 Tl 204.377 ТАЛАНД	82 Pb 207.2 СВИНЕЦ	83 Bi 208.9804 БИСМУТ	84 Po [209] ПОЛОНИЙ	85 At [210] АСТАТ	86 Rn [222] РАДОН											
7	87 Fr [223] Франций	88 Ra [226] РАДИЙ	89 Ac** [227] АКТИНИЙ	104 Ku [261] КУРАТОВИЙ	105 (Ns) [261] (ОБЪЕДИСЛУРИЙ)	H [262] Гольфстрандий		B [262] Гольфстрондий		C [262] Гольфстрондий		D [262] Гольфстрондий		E [262] Гольфстрондий		F [262] Гольфстрондий		G [262] Гольфстрондий	

* ЛАНТАНОИДЫ

58 Ce ¹⁴⁰ [140] ЦЕРИЙ	59 Pr ¹⁴¹ [141] ПРАЗОДИЙ	60 Nd ¹⁴² [142] НЕОДИМ	61 Pm [147] ПРМЕТРИЙ	62 Sm ¹⁵² [152] САМАРИЙ	63 Eu ¹⁵¹ [151] ЕВРОПИЙ	64 Gd ¹⁵⁷ [157] ГАДОЛИНИЙ	65 Tb ¹⁵⁹ [159] ТЕРБИЙ	66 Dy ¹⁶³ [163] ДИСПРОЗИЙ	67 Ho ¹⁶⁵ [165] ГОЛЬМИЙ	68 Er ¹⁶⁷ [167] ЭРБИЙ	69 Tm ¹⁶⁹ [169] ТУЛЬИЙ	70 Yb ¹⁷³ [173] ИТТЕРБИЙ	71 Lu ¹⁷⁵ [175] ЛУТЦИЙ
-------------------------------------	--	--------------------------------------	-------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	---------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------

** АКТИНОИДЫ

90 Th ²³² [232] ТОРИЙ	91 Pa ²³¹ [231] ПРОТАКТИНИЙ	92 U ²³⁸ [238] УРАН	93 Np ²³⁷ [237] НЕПУТУНИЙ	94 Pu ²³⁹ [239] ПЛУТОНИЙ	95 Am ²⁴¹ [241] АМЕРИЦИЙ	96 Cm ²⁴⁷ [247] КУРЧИЙ	97 Bk ²⁴⁷ [247] БЕКВИЙ	98 Cf ²⁵¹ [251] КАЛИФОРНИЙ	99 Es ²⁵² [252] ЭЙЗЕНСТАДИЙ	100 Fm ²⁵⁷ [257] ФЕРМИЙ	101 Md ²⁵⁸ [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	102 No ²⁵⁹ [259] НЕОБОВИЙ	103 Lr ²⁶⁰ [260] ЛУТЦИВИЙ
-------------------------------------	---	-----------------------------------	---	--	--	--------------------------------------	--------------------------------------	--	---	---------------------------------------	---	---	---

Атомные массы приведены на верхней стороне в соответствии с Менделеевской таблицей 1977 г. Точности присвоены в соответствии с I или II, если они выделены малыми цифрами. В некоторых случаях приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов. Названия и символы элементов, приведенные в круглых скобках, не являются общепринятыми.

да атомного ядра. Современная формулировка периодического закона Д.И. Менделеева такова: **свойства химических элементов, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядер их атомов.**

Периодический закон и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева (см. таблицу) позволили химии стать истинной наукой. Химия перестала быть описательной, экспериментальной научной дисциплиной. С открытием периодического закона в ней стало возможным научное предвидение. Периодический закон и Периодическая система ускорили развитие учения о строении атома, что привело к открытию атомной энергии и использованию ее для нужд человечества. Периодический закон сыграл решающую роль в развитии ряда смежных с химией естественных наук.

С учетом данных периодической системы элементов решаются современные задачи химической науки и промышленности. Успешно ведутся работы по получению новых полимерных и полупроводниковых материалов, жаропрочных сплавов, веществ с заданными свойствами. Решаются другие задачи, в том числе и задачи охраны окружающей среды, освоения космоса и т. д.

Применение атомно-молекулярного учения позволяет дать толкование многим положениям, изложенным выше, достигнутым экспериментально. Согласно данной теории, можно констатировать:

- а) основой любого вещества являются атомы;
- б) элементы — это вещества, состоящие из одинаковых молекул, которые, в свою очередь, состоят из одного или нескольких одинаковых атомов (газообразные элементы обычно имеют двухатомные, металлы — одноатомные молекулы);
- в) соединения — это вещества, состоящие из одинаковых молекул, каждая из которых состоит из разных атомов;
- г) смеси — это вещества, состоящие из разных молекул;
- д) аморфные вещества — это вещества с неупорядоченным расположением атомов и молекул;
- е) кристаллические вещества — вещества с упорядоченным, периодическим расположением **в пространстве атомов в виде кристаллической решетки.**

Следует сказать, **что большое число веществ, имеющих кристаллическое строение, состоит не из молекул, а из элект-**

роположительных ионов. Ионы — это электрически заряженные частицы — атомы или атомные группы, потерявшие или присоединившие к себе некоторое количество электронов. Положительно заряженные ионы называются катионами, отрицательно заряженные — анионами. Химические соединения при этом называются **ионными соединениями**.

Из атомно-молекулярного учения следует, что при каждой химической реакции сначала молекулы реагирующих веществ распадаются на атомы, а затем свободные атомы соединяются в новые молекулы. При этом, подчеркнем еще раз, атомы элементов не меняются, изменяются только молекулы участвующих в реакциях веществ. Химическое соединение элементов объясняется способностью атомов одного элемента соединяться с одним или несколькими атомами другого элемента. Эта способность к соединяемости, как уже говорилось, называется валентностью. Электронная теория строения вещества говорит о том, что соединяться могут только такие элементы, атомы которых имеют незаполненные внешние электронные орбиты (валентные сферы), обладающие определенной валентностью и вследствие чего проявляющие неустойчивость и стремление к упорядочению.

Существует большое разнообразие типов химического взаимодействия веществ. Однако характерным для них является перестройка электронных оболочек связываемых между собой атомов. В результате перестройки происходит **обобществление электронов** соединяемых элементов, а система в целом приходит в устойчивое положение. Межатомное взаимодействие, сопровождающееся перестройкой валентных электронных оболочек атомов и обобществлением электронов, называют химической (или ковалентной) связью.

Исследование радиоактивности химических элементов привело к открытию **изотопов**. С современной точки зрения, изотопы — это разновидности атомов одного и того же химического элемента: у них разная атомная масса, но одинаковый заряд ядра. Ядра таких элементов содержат одинаковое число протонов, но разное число нейтронов и занимают одно и то же место в периодической системе элементов. Почти все элементы имеют два или более изотопов. Например, водород — два, кислород — три, железо — четыре и т. д. Только примерно 24 элемента не имеют изо-

топов. Изотопы применяют в ядерной технике как конструкционный материал в качестве ядерного горючего в термоядерном синтезе. Радиоактивные изотопы широко используются в качестве источников излучения, в технике меченых атомов и т. д.

10. Химическая технология. Химическая промышленность

Химическая технология — прикладная научная дисциплина о процессах, методах и средствах переработки сырья в конечный химический продукт. Основная задача химической технологии — оптимальное сочетание в единой технологической системе разнообразных химических преобразований с физико-химическими и механическими процессами типа измельчения твердых материалов, фильтрация, воздействия высоких или низких температур, электрических полей и т. п.

Для решения задач химической технологии используют достижения всех разделов химии, физики, биологии, кибернетики, экономики. Химические технологии классифицируются по сырью (технология нефти, пластмасс), по виду товара (технология удобрений, красителей и т. п.), по группам элементов (технология щелочных металлов, технология тяжелых металлов и т. п.), по типам химических процессов (технология хлорирования и др.).

Химическая технология является научной базой химической промышленности. Химическая промышленность в целом — одна из крупнейших отраслей промышленности — сложная производственная система, состоящая из 15 специализированных отраслей. 11 отраслей из 15 организованы в химическую промышленность, 4 — в нефтехимическую.

В химическую промышленность входят:

1. Горнохимическая промышленность.
2. Основная химия.
3. Промышленность химических волокон.
4. Промышленность синтетических смол и пластических масс.
5. Промышленность пластмассовых изделий.

6. Лакокрасочная промышленность.
7. Промышленность химических реактивов и особо чистых веществ.
8. Промышленность синтетических красителей.
9. Химико-фотографическая промышленность.
10. Промышленность бытовой химии.
11. Другие отрасли (производство химпоглопителей, кремнийорганических соединений и других продуктов).

В нефтехимическую промышленность входят:

1. Производство синтетического каучука.
2. Производство продуктов основного органического синтеза.
3. Сажевая промышленность.
4. Резино-асбестовая промышленность.

Химическая промышленность характеризуется тесными связями со всеми отраслями народного хозяйства благодаря широкому ассортименту производимой ею продукции. Эта область производства отличается высокой материалоемкостью. Материальные и энергетические затраты в производстве продукции могут составлять от 2/3 до 4/5 себестоимости конечного продукта.

Развитие химической технологии идет по пути комплексного использования сырья и энергии, применения непрерывных и безотходных процессов с учетом экологической безопасности окружающей среды, применения высоких давлений и температур, достижений автоматизации и кибернетизации.

Выше были изложены основные представления о химии, ее законах, месте в человеческой цивилизации. В заключение следует еще раз подчеркнуть, что химия — «палка о двух концах». С одной стороны, это благо для человека, без которого немислимо дальнейшее развитие общества, с другой — бедствие для окружающей среды. Очевидно, что идеал покорения природы, сопутствовавший научно-технической революции в XIX веке, должен быть коренным образом пересмотрен, что предполагает формирование экологического сознания у всех людей, молодого поколения в

первую очередь. Молодым предстоит решать трудные задачи ограждения природы от негативного воздействия человека — во избежание глобальной экологической катастрофы.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте место и роль химии в системе «общество — природа».
2. Опишите структуру химии как науки и практической деятельности человека.
3. Изложите основные сведения о веществе и его строении.
4. Назовите химические процессы и изложите основные представления о них.
5. Опишите основные законы химии и их практическое использование в химической технологии.
6. Изложите основные представления о реакционной способности веществ.
7. Опишите значение периодического закона Д.И. Менделеева.
8. Изложите основные положения атомно-молекулярного учения.
9. Изложите ваше понимание проблемы «химия и экология».

Раздел V

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ

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

I Теории возникновения жизни

Теории, касающиеся возникновения Земли, да и всей Вселенной, разнообразны и далеко не достоверны. Согласно теории стационарного состояния, Вселенная существовала извечно. Согласно другим гипотезам, Вселенная возникла из сгустка нейтронов в результате Большого взрыва, родилась в одной из черных дыр или же была создана Творцом. Вопреки бытующим представлениям, наука не в состоянии опровергнуть идею о божественном сотворении первозданной Вселенной, так же как теологические взгляды не обязательно отвергают возможность того, что жизнь в процессе своего развития приобрела черты, объяснимые на основе законов природы.

Наиболее распространенными теориями возникновения жизни на Земле являются следующие:

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

1.1. Креационизм

Согласно этой теории, жизнь возникла в результате какого-то сверхъестественного события в прошлом; ее придерживаются последователи почти всех наиболее распространенных религиозных учений. В 1650 году архиепископ Ашер из г. Арма (Ирландия) вычислил, что Бог сотворил мир в октябре 4004 г. до н. э. и закончил свой труд 23 октября в 9 часов утра, создав человека. Ашер получил эту дату, сложив возраст всех людей, упоминающихся в библейской генеалогии, от Адама до Христа («кто кого родил»). С точки зрения арифметики, это разумно, однако при этом получается, что Адам жил в то время, когда, как показывают археологические находки, на Ближнем Востоке существовала хорошо развитая городская цивилизация.

Традиционное иудейско-христианское представление о сотворении мира, изложенное в Книге Бытия, вызывало и продолжает вызывать споры. Хотя все христиане признают, что Библия — это завет Господа людям, по вопросу о длине «дня», упоминающегося в Книге Бытия, существуют разногласия. Некоторые считают, что мир и все населяющие его организмы были созданы за шесть дней продолжительностью по 24 часа. Они отвергают любые другие точки зрения и целиком полагаются на вдохновение, созерцание и божественное откровение. Другие христиане не относятся к Библии как к научной книге и считают, что в Книге Бытия изложено в понятной для людей всех времен форме теологическое откровение о сотворении всех живых существ всемогущим Творцом. Для них описание сотворения живых существ относится к ответу, скорее, на вопрос «почему», а не «каким образом». Если наука в поисках истины широко использует наблюдение и эксперимент, то богословие постигает истину через божественное откровение и веру.

1.2. Самопроизвольное (спонтанное) зарождение

Эта теория была распространена в Древнем Китае, Вавилоне и Египте в качестве альтернативы креационизму, с которым она сосуществовала. *Аристотель* (384—322 гг. до н. э.), которого часто провозглашают основателем биологии, придерживался теории спонтанного зарождения жиз-

ни. На основе собственных наблюдений он развивал эту теорию дальше, связывая все организмы в непрерывный ряд — «лестницу природы».

«Ибо природа совершает переход от безжизненных объектов к животным с такой плавной последовательностью, поместив между ними существа, которые живут, не будучи при этом животными, что между соседними группами, благодаря их тесной близости, едва можно заметить различия» (Аристотель).

Этим утверждением Аристотель укрепил более ранние высказывания Эмпедокла об органической эволюции. Согласно гипотезе Аристотеля о спонтанном зарождении, определенные «частицы» вещества содержат некое «активное начало», которое при подходящих условиях может создать живой организм. Аристотель был прав, считая, что это активное начало содержится в оплодотворенном яйце, но ошибочно полагал, что оно присутствует также в солнечном свете, тине и гниющем мясе.

«Таковы факты — живое может возникать не только путем спаривания животных, но и разложением почвы. Так же обстоит дело и у растений: некоторые развиваются из семян, а другие как бы самозарождаются под действием всей природы, возникая из разлагающейся земли или определенных частей растений» (Аристотель).

С распространением христианства теория спонтанного зарождения жизни оказалась не в чести: ее признали лишь те, кто верил в колдовство и поклонялся нечистой силе, но эта идея все продолжала существовать где-то на заднем плане в течение еще многих веков.

Ван Гельмонт (1577—1644), весьма знаменитый и удачливый ученый, описал эксперимент, в котором он за три недели якобы создал мышей. Для этого нужны были грязная рубашка, темный шкаф и горсть пшеницы. Активным началом в процессе зарождения мыши Гельмонт считал человеческий пот.

В 1688 году итальянский биолог и врач *Франческо Реди*, живший во Флоренции, подошел к проблеме возникновения жизни более строго и подверг сомнению теорию спонтанного зарождения. Реди установил, что маленькие белые червячки, появляющиеся на гниющем мясе, — это личинки мух. Проведя ряд экспериментов, он получил данные, подтверждающие мысль о том, что *жизнь может возник-*

нуть только из предшествующей жизни (концепция биогенеза).

«Убежденность была бы тщетной, если бы ее нельзя было подтвердить экспериментом. Поэтому в середине июля я взял четыре больших сосуда с широким горлом, поместил в один из них змею, в другой — немного рыбы, в третий — угрей из Арно, в четвертый — кусок молочной телятины, плотно закрыл их и запечатал. Затем я поместил то же самое в четыре других сосуда, оставив их открытыми... Вскоре мясо и рыба в незапечатанных сосудах зачервили; можно было видеть, как мухи свободно залетают в сосуды и вылетают из них. Но в запечатанных сосудах я не видел ни одного червяка, хотя прошло много дней, после того как в них была положена дохлая рыба» (Реди).

Эти эксперименты, однако, не привели к отказу от идеи самозарождения, и хотя эта идея несколько отошла на задний план, она продолжала оставаться главной теорией в неклерикальной среде.

В то время как эксперименты Реди, казалось бы, опровергли спонтанное зарождение мух, первые микроскопические исследования *Антон ван Левенгука* усилили эту теорию применительно к микроорганизмам. Сам Левенгук не вступал в споры между сторонниками биогенеза и спонтанного зарождения, однако его наблюдения под микроскопом давали пищу обеим теориям и в конце концов побудили других ученых поставить эксперименты для решения вопроса о возникновении жизни путем спонтанного зарождения.

В 1765 году *Ладзаро Спалланцани* провел следующий опыт: подвергнув мясные и овощные отвары кипячению в течение нескольких часов, он сразу же их запечатал, после чего снял с огня. Исследовав жидкости через несколько дней, Спалланцани не обнаружил в них никаких признаков жизни. Из этого он сделал вывод, что высокая температура уничтожила все формы живых существ, и что без них ничто живое уже не могло возникнуть.

В 1860 году проблемой происхождения жизни занялся *Луи Пастер*. К этому времени он уже многое сделал в области микробиологии и сумел разрешить проблемы, угрожавшие шелководству и виноделию. Он показал также, что бактерии вездесущи и что неживые материалы легко мо-

гут быть заражены живыми существами, если их не стерилизовать должным образом.

В результате ряда экспериментов, в основе которых лежали методы Спалланцани, Пастер доказал справедливость теории биогенеза и окончательно опроверг теорию спонтанного зарождения.

Однако подтверждение теории биогенеза породило другую проблему. Коль скоро для возникновения живого организма необходим другой живой организм, то откуда же взялся самый первый живой организм? Только теория стационарного состояния не требует ответа на этот вопрос, а во всех других теориях подразумевается, что на какой-то стадии истории жизни произошел переход от неживого к живому. Было ли это первичным самозарождением?

1.3. Теория стационарного состояния

Согласно этой теории, Земля никогда не возникала, а существовала вечно; она всегда была способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то очень мало; виды также существовали всегда.

Оценки возраста Земли сильно варьировали — от примерно 6 000 лет по расчетам архиепископа Ашера до $5000 \cdot 10^6$ лет по современным оценкам, основанным на учете скоростей радиоактивного распада. Более совершенные методы датирования дают все более высокие оценки возраста Земли, что позволяет сторонникам теории стационарного состояния полагать, что Земля существовала всегда. Согласно этой теории, виды также никогда не возникали, они существовали всегда, и у каждого вида есть лишь две возможности — либо изменение численности, либо вымирание.

Сторонники этой теории не признают, что наличие или отсутствие определенных ископаемых остатков может указывать на время появления или вымирания того или иного вида, и приводят в качестве примера представителя кистеперых рыб — латимерию. По палеонтологическим данным кистеперые вымерли в конце мелового периода 70 млн лет назад. Однако это заключение пришлось пересмотреть, когда в районе Мадагаскара были найдены живые представители кистеперых. Сторонники теории стационарного состояния утверждают, что только изучая ныне

живущие виды и сравнивая их с ископаемыми останками, можно сделать вывод о вымирании, да и в этом случае весьма вероятно, что он окажется неверным. Используя палеонтологические данные для подтверждения теории стационарного состояния, ее немногочисленные сторонники интерпретируют появление ископаемых остатков в экологическом аспекте. Так, например, внезапное появление какого-либо ископаемого вида в определенном пласте они объясняют увеличением численности его популяции или его перемещением в места, благоприятные для сохранения остатков. Большая часть доводов в пользу этой теории связана с такими неясными аспектами эволюции, как значительные разрывы в палеонтологической летописи, и она наиболее подробно разработана именно в этом направлении.

1.4. Теория панспермии

Эта теория не предлагает никакого механизма для объяснения первичного возникновения жизни, а выдвигает идею о ее внезапном происхождении. Поэтому ее нельзя считать теорией возникновения жизни как таковой; она просто переносит проблему возникновения жизни в какое-то другое место Вселенной.

Теория панспермии утверждает, что жизнь могла возникнуть один или несколько раз в разное время и в разных частях Галактики или Вселенной. Для обоснования этой теории используются многократные появления НЛО (неопознанных летающих объектов), на скальные изображения предметов, похожих на ракеты и «космонавтов», а также (пока еще пишем — не подтвержденные) сообщения о встречах с инопланетянами. Советские и американские исследования в космосе позволяют считать, что вероятность обнаружить жизнь в пределах нашей Солнечной системы ничтожна, — однако они не дают никаких сведений о возможной жизни вне этой системы. При изучении материала метеоритов и комет в них были обнаружены многие «предшественники живого» — такие вещества, как цианогены, синильная кислота и органические соединения, которые, возможно, сыграли роль «семян», падавших на голую землю. Появился ряд сообщений о нахождении в метеоритах объектов, напоминающих примитивные формы жизни,

однако доводы в пользу их биологической природы пока не кажутся ученым убедительными.

1.5. Биохимическая эволюция

Среди астрономов, геологов и биологов принято считать, что возраст Земли составляет примерно 4,5—5 млрд лет.

По мнению многих биологов, в далеком прошлом состояние нашей планеты было мало похоже на нынешнее: по всей вероятности, температура ее поверхности была очень высокой (4 000–8 000 градусов по Цельсию). По мере того как Земля остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовывали земную кору; поверхность планеты была, вероятно, голой и неровной, так как на ней в результате вулканической активности, непрерывных подвижек коры и сжатия, вызванного охлаждением, происходило образование складок и разрывов.

Полагают, что в те времена атмосфера была совершенно не такой, как теперь. Легкие газы — водород, гелий, азот, кислород и аргон — уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей еще недостаточно плотной планеты не могло их удержать. Однако другие соединения, содержащие (среди прочих) эти элементы, должны были удерживаться: к ним относятся вода, аммиак, двуокись углерода и метан. До тех пор, пока температура Земли не упала ниже 100 градусов по Цельсию, вся вода, вероятно, находилась в парообразном состоянии. Атмосфера была, по-видимому, «восстановительной», о чем свидетельствует наличие в самых древних породах Земли металлов в восстановительной форме, таких как двухвалентное железо. Более молодые горные породы содержат металлы в окисленной форме, например, трехвалентное железо. Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, условием для возникновения жизни; лабораторные опыты показывают, что, как это ни парадоксально, органические вещества (основа живых организмов) гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в атмосфере, богатой кислородом.

В 1923 г. *А.Л. Опарин* высказал мнение, что атмосфера первичной Земли была не такой, как сейчас. Исходя из теоретических соображений, он полагал, что органические вещества, возможно, углеводороды, могли создаваться в океане из более простых соединений; энергию для этих

реакций синтеза, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом ультрафиолетовая), падавшая на Землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. По мнению Опарина, разнообразие находившихся в океане простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь. Эта идея была не нова; в 1871 г. схожую мысль высказал *Дарвин*: «Часто говорят, что все необходимые для создания живого организма условия, которые могли когда-то существовать, имеются и в настоящее время, но если (ох, какое это большое «если») представить себе, что в каком-то небольшом теплом пруду, содержащем всевозможные аммонийные и фосфорные соли, при наличии света, тепла, электричества и т. п. образовался бы химическим путем белок, готовый претерпеть еще более сложные превращения, то в наши дни такой материал непрерывно пожирался бы или поглощался, чего не могло случиться до того, как появились живые существа».

В 1953 г. *Стэнли Миллер* в ряде экспериментов моделировал условия, предположительно существовавшие на первобытной Земле. В созданной им установке, снабженной источником энергии, ему удалось синтезировать многие вещества, имеющие важное биологическое значение, в том числе ряд аминокислот, аденин и простые сахара, такие как рибоза. После этого *Орджел* в Институте Солка в сходном эксперименте синтезировал нуклеотидные цепи длиной в шесть мономерных единиц (простые нуклеиновые кислоты).

Позднее возникло предположение, что в первичной атмосфере в относительно высокой концентрации содержалась двуокись углерода. Недавние эксперименты, проведенные с использованием установки Миллера, в которую, однако, поместили смесь CO_2 и H_2O и только следовые количества других газов, дали такие же результаты, какие получил Миллер. Теория Опарина завоевала широкое признание, но она оставляет нерешенными проблемы, связанные с переходом от сложных органических веществ к простым живым организмам. Именно в этом аспекте теория биохимической эволюции предлагает общую схему, приемлемую

для большинства современных биологов. Однако они не пришли к единому мнению о деталях этого процесса.

Опарин полагал, что решающая роль в превращениях неживого в живое принадлежала белкам. Благодаря амфотерности белковых молекул, они способны к образованию коллоидных гидрофильных комплексов — притягивают к себе молекулы воды, создающие вокруг них оболочку. Эти комплексы могут обособляться от всей массы воды, в которой они суспендированы (водной фазы), и образовывать своего рода эмульсию. Слияние таких комплексов друг с другом приводит к отделению коллоидов от водной среды — процесс, называемый *коацервацией* (от лат. — сгусток, куча). Богатые коллоидами коацерваты, возможно, были способны обмениваться с окружающей средой веществами и избирательно накапливать различные соединения, в особенности кристаллоиды. Коллоидный состав данного коацервата, очевидно, зависел от состава среды. Разнообразие состава «бульона» в разных местах вело к различиям в химическом составе коацерватов и поставляло сырье для «биохимического естественного отбора».

Предполагается, что в самих коацерватах входящие в их состав вещества вступали в дальнейшие химические реакции; при этом происходило поглощение коацерватами ионов металлов и образование ферментов. На границе между коацерватами и внешней средой выстраивались молекулы липидов (сложные углеводы), что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивающей коацерватам стабильность. В результате включения в коацерват предсуществующей молекулы, способности к самовоспроизведению и внутренней перестройке покрытого липидной оболочкой коацервата могла возникнуть примитивная клетка. Увеличение размеров коацерватов и их фрагментация, возможно, вели к образованию идентичных коацерватов, которые могли поглощать больше компонентов среды, так что этот процесс мог продолжаться. Такая продолжительная последовательность событий должна была привести к возникновению примитивного самовоспроизводящего гетеротрофного организма, питавшегося органическими веществами первичного «бульона».

Хотя эту гипотезу происхождения признают очень многие ученые, астроном *Чандра Викрамасинх* недавно высказал мнение, что мысль о возникновении живого в резуль-

тате описанных выше случайных взаимодействий молекул «столь же нелепа и неправдоподобна, как утверждение, что ураган, пронесшийся над местной свалкой, может привести к сборке Боинга-747». Самое трудное для этой теории — объяснить появление способности живых систем к самовоспроизведению. Гипотезы по этому вопросу пока малоубедительны.

Существенным недостатком старых гипотез о возникновении жизни на Земле, и в частности гипотезы академика А.И. Опарина, является то, что они не опираются на современную молекулярную биологию. Впрочем, это вполне естественно, так как механизм передачи наследственных признаков, и в частности роль ДНК, стал в известной степени ясным только сравнительно недавно.

Как произошел качественный скачок от неживого к живому, гипотеза А.И. Опарина совершенно не объясняет. Только привлечение основных представлений современной молекулярной биологии, а также кибернетики, может помочь решению этой важнейшей, основной проблемы. Некоторые пути ее решения уже намечаются. Важным вопросом является возможность синтеза ДНК в естественных условиях «первобытной» Земли.

Итак, центральной проблемой происхождения жизни на Земле является реконструкция эволюции механизма наследственности. Жизнь возникла только тогда, когда начал действовать механизм *репликации*¹. Любая сколь угодно сложная комбинация аминокислот и других сложных органических соединений — это еще не живой организм. Ведь последний, даже в простейших случаях — это отлично налаженный механизм, способный к репликации. Можно, конечно, предположить, что при каких-то исключительно благоприятных обстоятельствах где-то на Земле возникла некая «праДНК», которая и послужила началом всему живому на Земле. Вряд ли, однако, это так, если гипотетическая «праДНК» была вполне подобна современной. Дело в том, что современная ДНК сама по себе совершенно беспомощна. Она может функционировать только при наличии белков-ферментов. Думать, что чисто случайно, путем «перетряхивания» отдельных белков — многоатомных молекул — могли возникнуть такая сложнейшая машина как «праДНК» и нужный для ее функционирования комплекс белков-ферментов, — это значит верить в

чудеса. Куда, например, более вероятно предположить, что какая-нибудь мартышка, беспорядочно барабаня по клавиатуре пишущей машинки, случайно напечатает, например, 66-й сонет Шекспира.

Английский биолог *Ф. Крик*, расшифровавший код ДНК и получивший за это Нобелевскую премию, считает, что «если это не фантазия, то Мыслящее Существо (*Homo Sapiens*) служит только орудием, упаковкой, неким космобусом для распространяющегося Истинного Разума, скрывающегося в разумной и победоносной крупинке рибонуклеиновой кислоты. Это ДНК творит цивилизацию! Наше тело и разум вместе с их физическими и духовными «усилителями» — это только орудия того (занесенного, очевидно, несколько миллионов лет назад на нашу Землю) зародыша, который имеет задачу овладеть нашей Галактикой или нашей частью Вселенной. А в дальнейшем будущем — встреча с Теми, которые его занесли на нашу Землю». Однако это только «фантастическая гипотеза». Речь в этой гипотезе идет о внеземных существах, сеющих семена жизни в различных частях Вселенной, чтобы в конечном счете господствовать над ней. Доводом в пользу этой довольно-таки фантастической гипотезы служит наличие в белке молибдена в количестве непропорционально большем, чем имеется его на Земле, что может свидетельствовать **о космическом генезисе ДНК и жизни на нашей планете**. При таком подходе человек является в определенном смысле искусственным знаком, запрограммированным космическим сообщением, доказывающим возможность жизни в космосе.

Мы еще раз должны подчеркнуть, что центральная проблема возникновения жизни на Земле — объяснение качественного скачка от «неживого» к «живому» — все еще далека от ясности. Недаром один из основоположников современной молекулярной биологии профессор Крик на Бюраканском симпозиуме в сентябре 1971 года сказал: «Мы не видим пути от первичного бульона до естественного отбора. Можно прийти к выводу, что происхождение жизни — чудо, но это свидетельствует только о нашем незнании».

В связи с возможностью синтеза живого вещества (не обязательно разумного) из неживого возникает большое количество острых проблем. Так, *И. С. Шкловский* пишет,

что «коль скоро не существует принципиального различия между жизнью естественной и жизнью искусственной, нельзя исключить возможность того, что жизнь на некоторых планетах может иметь искусственное происхождение. Небезынтересно в порядке гипотезы обсудить возможность занесения живых спор и микроорганизмов во время посещения безжизненной планеты недостаточно стерилизованным инопланетным космическим кораблем. Можно также высказать гипотезу гораздо более радикального свойства: жизнь на некоторых планетах могла возникнуть как результат сознательного эксперимента высокоорганизованных космонавтов, некогда посетивших эти планеты, которые в те времена были безжизненны. Можно даже предположить, что подобное «насаждение жизни», так сказать, «в плановом порядке» является нормальной практикой высокоразвитых цивилизаций, разбросанных в просторах Вселенной. Вместо того, чтобы пассивно ожидать «естественного», самопроизвольного возникновения жизни на подходящей планете — процесса, возможно, весьма маловероятного, высокоразвитые галактические цивилизации как бы планомерно сеют посевы жизни во Вселенной... Если это так, то вероятность обитаемости планетных систем в Галактике может быть увеличена на много порядков. Наконец, чтобы быть последовательным, нужно еще учитывать возможность заселения планет, на которых существуют подходящие условия, разумными существами — искусственными или естественными».

В интервале времени между 4,6 и 3,83 млрд лет назад на Земле возможны были два события: 1) химическая эволюция привела к спонтанному зарождению жизни; 2) на нашей планете жизнь возникла благодаря панспермии; семена жизни проросли при благоприятных физических условиях. Английские астрономы *Ф. Хойл* и *Ч. Викрамсингх* приводят аргументы в пользу второго события. Прежде всего против первого события свидетельствует проблема возникновения присущего жизни объема информации, которая специфична в качественном отношении и характеризуется астрономическими числами в количественном отношении. Действительно, хорошо известно, что имеется порядка 1 000–2 000 ферментов, играющих центральную роль в жизнедеятельности организмов, начиная с простых микроорганизмов и кончая человеком. Расчеты пока-

зывают, что вероятность получить, например, сто ферментов равна 20^{1000} , а это превышает число атомов, содержащихся во всех звездах Вселенной. Поэтому первое событие оказывается невозможным, представляется более вероятной возможностью осуществления второго.

Следующим соображением служит факт прекрасного соответствия общего элементарного состава комет содержанию элементов живой материи. Кроме того, кометы содержат воду и органическое вещество, являющееся превосходной питательной средой для некоторых видов микроорганизмов. Исследования комет показали, что в них неопределенно долго могут сохраняться почти все формы микроорганизмов, известных в настоящее время на Земле. Согласно *гипотезе Ф. Хойла и Ч. Викрамасингха*, наша планета ежегодно получает более 10^{18} спор как остаток кометного материала, рассеянного в Солнечной системе. Таким образом, именно кометы принесли на Землю органические молекулы, способствовавшие возникновению на ней жизни. Более того, к нам до сих пор продолжают поступать из космоса живые организмы в виде бактерий и вирусов. Необходимо отметить, что данная гипотеза не пользуется большой популярностью среди представителей мира науки.

В настоящее время Ф. Хойл и Ч. Викрамасингх исходят из существования Высшего разума, который является частью космоса. В качестве основополагающего тезиса берется положение о том, что жизнь как на Земле, так и вообще где-либо во Вселенной не может возникнуть случайно. Чтобы объяснить накопленные факты в различных научных дисциплинах, начиная с космологии и кончая биологией, необходимо выбрать один из альтернативных вариантов: либо жизнь представляет собой акт преднамеренного творения, либо для вечной и безграничной Вселенной характерно неизменное постоянство картин жизни. Принятие первого варианта приводит современные космологические представления к отождествлению с библейскими истинами и вносит акт творения в царство эмпирической науки. Ф. Хойл и Ч. Викрамасингх не приемлют представления о Творце, находящемся вне Вселенной, где когда-то вполне естественным путем возник Высший разум, который значительно превосходит человеческий и который сотворил жизнь.

В то же время в XX в. получает мощное развитие и хорошее эмпирическое и теоретическое обоснование возродившаяся на новом уровне доктрина о спонтанном возникновении жизни из неживой материи, причем существуют многочисленные варианты абиогенеза. Эта химическая концепция происхождения жизни не может не считаться с тем фундаментальным положением, что генезис жизни представляет собой закономерный этап в общем развитии Вселенной. Круг вопросов, связанных с идеей о космическом характере жизни, получил серьезное обоснование в трудах В.И. Вернадского и занимает одно из центральных мест в современной науке. В своих «Философских мыслях натуралиста» наш соотечественник подчеркивает, что если в самых различных философских системах вопрос о космической природе жизни ставился и ставится многократно, то сейчас он должен быть поставлен и в науке. И действительно, многие научные дисциплины — космология, астрофизика, космохимия, планетология, биофизика и другие — дают основания для вывода о том, что **жизнь представляет собой результат естественной эволюции Вселенной, что живые структуры многочисленными нитями связаны с ближайшим и дальним космосом**, что нет необходимости прибегать к помощи сверхъестественного разума в объяснении происхождения жизни.

I Теория эволюции

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

История развития эволюционной теории показывает, что концепция непрерывности или постепенного развития более сложных видов из предшествующих, более простых форм возникла у ряда философов и естествоиспытателей еще до формального провозглашения в XIX в. эволюционных гипотез.

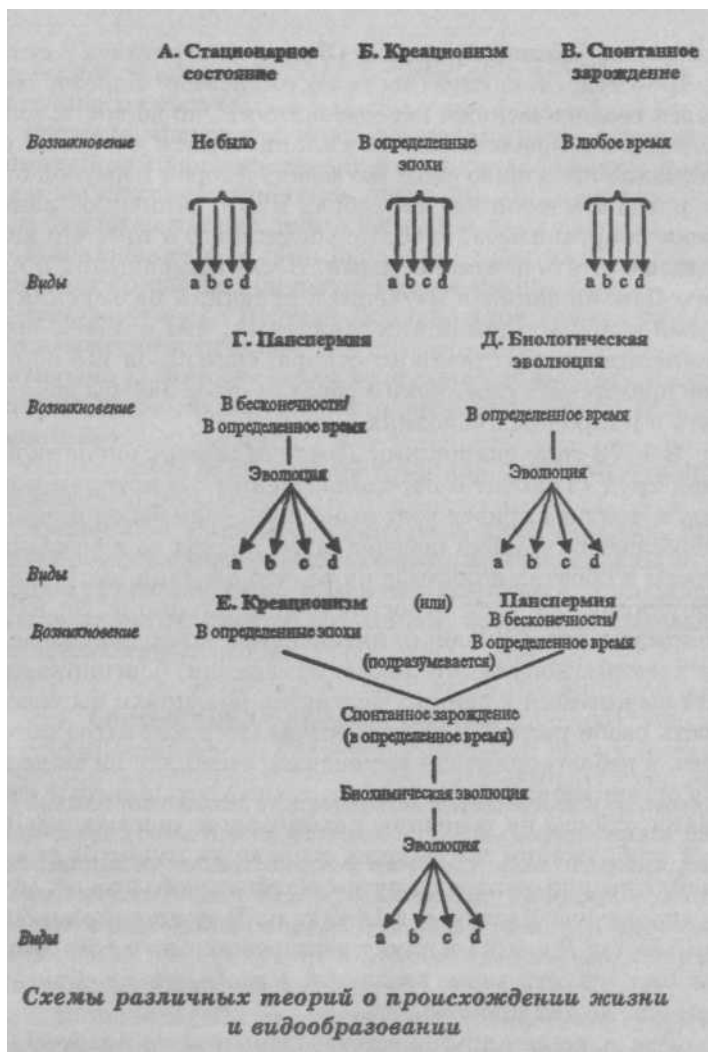
2.1. Теория эволюции Ламарка

Французский биолог *Ламарк* в 1809 году выдвинул гипотезу о механизме эволюции, в основе которой лежали две предпосылки: упражнение и неупражнение частей организма и наследование приобретенных признаков. Изменения среды могут вести, по его мнению, к изменению форм поведения, что вызовет необходимость использовать некоторые органы или структуры по-новому или более интенсивно (или перестать ими пользоваться). В случае интенсивного использования эффективность и (или) величина органа будет возрастать, а при неиспользовании может наступить его дегенерация и атрофия. Эти признаки, приобретенные индивидуумом в течение всей жизни, согласно Ламарку, наследуются, т. е. передаются потомкам.

С точки зрения ламаркизма, длина шеи и ноги жирафа — результат того, что многие поколения его некогда коротконогих и короткошеих предков питались листьями деревьев, за которыми им приходилось тянуться все выше и выше. Незначительное удлинение шеи и ног, происходящее в каждом поколении, передавалось следующему поколению, пока эти части тела не достигли своей нынешней длины. Перепонки между пальцами у водоплавающих птиц и форму тела камбалы объясняли таким же образом. Перепонки возникли в результате постоянного раздвигания пальцев и растяжения кожи между ними при плавании в поисках пищи или для спасения от хищников, а уплощенное тело — из-за лежания на боку на мелководье. Хотя теория Ламарка подготовила почву для принятия эволюционной концепции, его взгляды на механизм изменения так и не получили широкого признания.

Однако Ламарк был прав, **подчеркивая роль** условий жизни в возникновении фенотипных изменений у данной особи. Например, занятия физкультурой увеличивают объем мышц, но, хотя эти приобретенные признаки затрагивают фенотип, они не являются генетическими и, не оказывая влияния на генотип, не могут **передаваться потомству**.

Но теория Ламарка была исторической предпосылкой для признания впоследствии наследования генетических особенностей при половом размножении.



2.2. Дарвин, Уоллес и происхождение видов в результате естественного отбора

Чарлз Дарвин родился в 1809 году. Он был сыном врача. В 1831 году он принял предложение отправиться в качестве натуралиста (без жалованья) в путешествие на военном корабле «Бигль», который уходил на пять лет в море для проведения топографических съемок у восточного

побережья Южной Америки. «Бигль» возвратился в октябре 1836 года. Большую часть этого времени Дарвин занимался геологическими исследованиями, но во время пятинедельного пребывания на Галапагосских островах его внимание привлекло сходство между флорой и фауной этих островов и материков. Он собрал много данных об изменчивости организмов, которые убедили его в том, что виды нельзя считать неизменяемыми. После возвращения в Англию Дарвин занялся изучением практики разведения голубей и других домашних животных, что привело его к концепции искусственного отбора. Однако он все еще не мог представить себе, каким образом отбор мог бы действовать в природных условиях.

В 1778 году священник *Томас Мальтус* опубликовал свой труд «Трактат о народонаселении», в котором показал, к чему бы привел рост населения, если бы он ничем не сдерживался. Дарвин перенес такой подход на другие организмы и обратил внимание на то, что все-таки численность популяций остается относительно постоянной. Он начал понимать, что в условиях интенсивной конкуренции между членами популяции любые изменения, благоприятные для выживания в данных условиях, повышали бы способность особи размножаться и оставлять плодовитое потомство, а неблагоприятные изменения, очевидно, не выгодны, и у организмов, переживающих эти неблагоприятные изменения, шансы на успешное размножение понижались бы. Эти соображения послужили отправным пунктом для создания теории эволюции путем естественного отбора, сформулированной Дарвином в 1839 году. В сущности, наибольший вклад Дарвина в науку заключается не в том, что он доказал существование эволюции, а в том, что он объяснил, как она может происходить.

Тем временем другой естествоиспытатель, *Альфред Рассел Уоллес*, много путешествовавший по Южной Америке и островам Юго-Восточной Азии и тоже читавший Мальтуса, пришел к тем же выводам, что и Дарвин.

В 1858 году Уоллес изложил свою теорию на двадцати страницах и послал их Дарвину. Это стимулировало и ободрило Дарвина, и в июле 1858 года Дарвин и Уоллес выступили с докладами о своих идеях на заседании Линнеевского общества в Лондоне. В ноябре 1859 года Дарвин

опубликовал свой труд «Происхождение видов путем естественного отбора».

Согласно Дарвину и Уоллесу, механизмом, с помощью которого из предсуществующих видов возникают новые виды, служит **естественный отбор**. Эта гипотеза (или теория) основана на трех наблюдениях и двух выводах.

Наблюдение 1. Особи, входящие в состав популяции, обладают большим репродуктивным потенциалом.

Наблюдение 2. Число особей в каждой данной популяции примерно постоянно.

Вывод 1. Многим особям не удается выжить и оставить потомство. В популяции происходит «борьба за существование».

Наблюдение 3. Во всех популяциях существует изменчивость.

Вывод 2. В «борьбе за существование» те особи, признаки которых наилучшим образом приспособлены к условиям существования, обладают «репродуктивным преимуществом» и производят больше потомков, чем менее приспособленные особи.

2.3. Современное представление об эволюции

Теория эволюции, предложенная Дарвином и Уоллесом, была расширена и разработана в сфере современных данных генетики, палеонтологии, молекулярной биологии, экологии, этологии и получила название «неодарвинизм». Неодарвинизм можно определить как теорию органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически.

Термин «эволюция» может означать как сам этот процесс, так и его результат; соответственно, разные аспекты неодарвинизма опираются на доказательства разного типа. Для того чтобы признать сформулированную неодарвинистскую эволюционную теорию, необходимо:

- 1) установить факт изменения форм жизни во времени (эволюция в прошлом);
- 2) выявить механизм, производящий эволюционные изменения (естественный отбор генов);
- 3) продемонстрировать эволюцию, происходящую в настоящее время («эволюция в действии»).

Не существует пока твердо установленных законов эволюции; у нас есть лишь хорошо подкрепленные фактами гипотезы, которые в совокупности составляют достаточно обоснованную теорию.

I Подтверждение теории эволюции

Сведения, подтверждающие современные представления об эволюции, поступают из разных источников, среди которых главное место занимают палеонтология, биогеография, систематика, селекция растений и животных, морфология, изучение адаптивной радиации, сравнительная эмбриология и сравнительная биохимия. В числе этих данных немало также доказательств, нуждающихся в подтверждении, а также исключений или сведений, которым можно дать иную интерпретацию; однако концепция эволюции в широком смысле основана на огромном количестве научных сведений.

3.1. Палеонтология

Палеонтология занимается изучением ископаемых остатков, т. е. любых сохранившихся в земной коре остатков, предположительно принадлежащих каким-либо живым организмам. Это могут быть целые организмы, твердые скелетные структуры, наружные и внутренние ядра, окаменелости, отпечатки, следы и копролиты (окаменевшие экскременты).

Ископаемые остатки были хорошо известны еще до того, как мысль об эволюции получила всеобщее признание. Их считали либо остатками существ, сотворенных раньше других, либо артефактами, помещенными в горные породы Богом. В самых древних породах, содержащих ископаемые остатки, встречаются организмы очень немногих типов, и все они имеют простое строение. Более молодые породы содержат и более разнообразные ископаемые остатки со все более сложным строением. Во всей палеонтологической летописи многие виды, появляющиеся на каком-либо стратиграфическом уровне, на более позднем уровне исчезают.

В эволюционном смысле это истолковывают как возникновение и вымирание видов в соответствующие эпохи.

Геофизические данные указывают на то, что географические области и климатические условия изменялись на всем протяжении истории Земли. Поскольку каждый организм приспособлен к определенной среде, непрерывно изменяющиеся условия могли благоприятствовать возникновению некоего механизма эволюционного изменения, что позволяет объяснить прогрессивные изменения в строении организмов. Экологические соображения тоже согласуются спалеонтологическими данными: так, например, растения появились на суше раньше, чем животные, насекомые — раньше, чем опыляемые ими растения.

Одно из главных возражений против использования ископаемых остатков для доказательства эволюции — отсутствие непрерывности в палеонтологической летописи. Разрывы в ней («недостающие звенья») считают веским доводом против теории образования новых форм путем постепенного изменения. Однако существует ряд соображений, позволяющих объяснить неполноту палеонтологических данных:

- 1) мертвые организмы быстро разлагаются;
- 2) мертвые организмы поедаются животными, питающимися падалью;
- 3) животные с мягким телом плохо поддаются фоссилизации;
- 4) лишь небольшая часть особей погибла в условиях, благоприятных для фоссилизации;
- 5) обнаружена только часть ископаемых остатков.

Данные в пользу эволюционного процесса пополняются по мере нахождения все большего числа «недостающих звеньев» — либо недостающих остатков, таких как сеймурия (амфибии => рептилии), археоптерикс (рептилии => птицы) и циногнатус (рептилии => млекопитающие), либо ныне живущих, как латимерия, близких по своему строению к вымершим формам.

Возможно также, что новые виды возникли внезапно и промежуточных форм не существовало. *Элдредж* и *Гоулд* описали процесс, позволяющий объяснить внезапное появление некоторых видов в палеонтологической летописи. По их мнению, скорости эволюции варьируются и некото-

рые новые виды возникают очень быстро, что и приводит к неполноте палеонтологической летописи. Эти «скачки» в эволюционной последовательности породили термин «скачкообразная эволюция».

3.2. Географическое распространение

Все организмы в большей или меньшей степени приспособлены к своей среде. Если абиотические или биотические факторы, имеющиеся в определенном местообитании, могут обеспечить существование какого-то вида в одной географической области, то этот вид будет обнаружен в аналогичном местообитании и в другой сходной географической области, например, в африканских саваннах и южноамериканской пампе. Однако на самом деле это не так. Распространение растений и животных на земном шаре носит прерывистый характер. Это нередко обусловлено экологическими факторами, однако данные об успешной колонизации новых местообитаний растениями и животными, интродуцированными в них человеком, позволяют думать, что в этом участвуют, наряду с экологической адаптацией, и какие-то иные факторы.

Кроликов в Австралии не было, но быстрое увеличение их численности после того, как они были завезены туда человеком, указывают, что австралийские места обитания им подходят. Рациональное объяснение прерывистого распространения организмов основано на концепции, согласно которой виды возникают в какой-то данной области, а затем расселяются из нее. Степень расселения зависит от того, насколько успешно может обосноваться данный организм в новых местах, от механизма его расселения и от наличия или отсутствия естественных преград, таких как океаны, горные хребты и пустыни. Наиболее приспособлены для распространения через сушу и моря, по-видимому, споры и семена, переносимые ветром, и летающие насекомые.

Все изложенное выше можно свести к следующему:

- 1) виды возникли в какой-то определенной области;
- 2) они расселялись за пределы этой области;
- 3) большинство видов могли расселяться только в том случае, если массивы суши располагались достаточно близко один от другого;

4) отсутствие в какой-либо области более высокоорганизованных форм обычно указывает на то, что она отделилась от родины этих форм до возникновения последних.

Ни один из приведенных выше фактов не позволяет объяснить механизм возникновения видов, однако все они указывают на то, что разные группы возникали в разное время и в разных областях.

3.3. Классификация

Система классификации была создана *Линнеем* задолго до Дарвина и Уоллеса, но тем не менее она содержит кое-какие намеки, связанные с проблемой происхождения видов и эволюции. Конечно, можно представить себе, что все виды, как ныне живущие, так и вымершие, были сотворены каждый в отдельности в какой-то отдельный момент времени или существовали всегда, однако структурное сходство между организмами, составляющее основу естественной филогенетической классификации, наводит на мысль о существовании эволюционного процесса. Черты сходства и различия между организмами можно представить как результат прогрессивной адаптации организмов в пределах каждой группы к определенным условиям среды на протяжении некоторого периода.

3.4. Селекция растений и животных

Одним из самых распространенных достижений человеческой цивилизации было выведение сортов растений и пород домашних животных от диких предков. Отбирая те особи, которые обладали какими-то желательными отклонениями, более крупным размером или более приятным вкусом и запахом, человек сохранял эти признаки путем искусственного разведения с помощью избирательного размножения или опыления. В результате непрерывной селекции человек создал породы домашних животных и сорта культурных растений, которыми мы располагаем сейчас.

До того как стали известны работы *Менделя*, теоретические основы генетики и селекции растений и животных оставались неясными. Однако это не ограничивало практические усилия человека. Если перейти на генетическую

терминологию, человек сохраняет гены, желательные для его целей, и элиминирует те, которые его не устраивают. Производя отбор, он использует существующую в природе изменчивость, а также возникающие время от времени случайные мутации.

Недавно возникла новая форма искусственного отбора — неумышленный отбор на устойчивость к антибиотикам, пестицидам и гербицидам, которому подвергаются соответственно патогенные микроорганизмы, вредители и сорняки. Создается порочный круг: все возрастающее число химических веществ, изобретаемых для борьбы с вредными организмами, приводит к появлению новых форм устойчивости к этим веществам.

3.5. Сравнительная анатомия

При сравнительном изучении анатомии (морфологии) групп животных или растений становится ясно, что по ряду особенностей они в основе своей сходны. Например, у всех цветков имеются чашелистики, лепестки, тычинки, рыльце, столбик и завязь; однако каждый отдельный вид отличается от других по размерам, окраске, числу этих частей и деталям их строения.

Органы, построенные по одному плану, занимающие сходное положение в организме животного, похожие по гистологическому строению и развивающиеся из одних и тех же зачатков, называют *гомологичными* (термин введен в 1843 году *Оуэном*).

Специфические функции, выполняемые гомологичными структурами, могут различаться у разных организмов; их различия отражают особые способы адаптации каждого организма к его среде и образу жизни.

Некоторые структуры у многих видов, по-видимому, не несут никакой функции, и их называют рудиментарными органами. Например, копчиковые позвонки у человека считаются рудиментами хвоста, имевшегося у наших предков и сохранившегося у зародышей. Существование рудиментных органов было бы трудно объяснить вне связи с процессом эволюции.

3.6. Адаптивная радиация

Адаптивной радиацией называют развитие какой-либо гомологичной структуры у разных представителей данной группы в различных направлениях, в соответствии с выполняемыми ею различными функциями.

У всех организмов, принадлежащих к определенному классу, имеется ряд диагностических признаков, при этом различия между разными видами в пределах этого класса дают им возможность вести различный образ жизни, приспособленный к определенным местообитаниям.

Относительно высокая степень адаптивной радиации, наблюдаемой у насекомых, отражает высокую приспособляемость и полезность основных особенностей этой группы. Наличие у предкового организма какой-либо структуры или физической функции, которая имеется в сильно модифицированной форме у более высокоразвитых, по-видимому, родственных организмов, можно истолковать как указание на происхождение последних путем видоизменения первого; это и составляет основу эволюционной теории. Значение адаптивной радиации состоит в том, что она указывает на возможность *дивергентной эволюции*, основанной на модификации гомологичных структур.

Сходные структуры, физиологические процессы или особенности образа жизни, наблюдаемые у организмов, явно не связанных близким филогенетическим родством, но обладающих адаптациями для выполнения одних и тех же функций, называют аналогичными. Например, глаза позвоночных и головоногих моллюсков, крылья насекомых и летучей мыши.

Существование аналогичных структур говорит о возможности *конвергентной эволюции*. Конвергентную эволюцию можно объяснить как результат действия среды путем естественного отбора, благоприятствующего тем изменениям, которые сообщают организмам повышенную выживаемость.

3.7. Сравнительная эмбриология

Фон Бэр (1792-1867), изучая эмбриональное развитие у представителей разных групп позвоночных, обнаружил удивительное структурное сходство во всех этих группах,

особенно на стадиях дробления, гастрюляции и дифференцировки зарождающегося организма.

Геккель (1834—1919) высказал мысль, что это сходство имеет эволюционное значение. Он сформулировал *закон рекапитуляции*, согласно которому «онтогенез повторяет филогенез», т. е. стадии, через которые проходит организм в процессе своего развития, повторяют эволюционную историю той группы, к которой он относится. Изучение одних только ранних зародышей любых позвоночных показывает, что определить группу, к которой они принадлежат, невозможно. Только на относительно поздних стадиях развития эмбрион начинает приобретать некоторое сходство с соответствующей взрослой формой. Изначальное сходство между эмбрионами объясняется тем, что все они, а следовательно, и классы, к которым они относятся, имели общего предка. Закон рекапитуляции, однако, не может быть принят безоговорочно, так как ни у одного из ныне живущих организмов нельзя обнаружить всех признаков его предполагаемых эволюционных предков. Но кажется вероятным, что организмы сохраняют механизмы развития, унаследованные от предков. Поэтому возможно, что на разных стадиях развития у данного организма будут черты структурного сходства с зародышами предковых форм. Последующие адаптации к иным условиям среды и образу жизни изменяют дальнейший ход развития. Как показывают наблюдения, чем ближе группы, к которым относят два данных организма на основании общих гомологических структур, тем дольше сохраняется их сходство на эмбриональных стадиях. Организмы, приспособленные к определенному образу жизни и определенному местообитанию, не типичному для крупной группы, к которой они принадлежат, менее сходны с другими членами этой группы и в процессе эмбрионального развития.

3.8. Сравнительная биохимия

По мере разработки более точных методов биохимического анализа эта область исследований стала источником новых данных в пользу эволюционной теории. Наличие одинаковых веществ у всех организмов указывает на возможную биохимическую гомологию, подобную морфологической гомологии на уровне органов и тканей. Большая

часть сравнительно-биохимических исследований касалась первичной структуры широко распространенных белков, таких как цитохром и гемоглобин, а позднее — нуклеиновых кислот, в особенности РНК. Незначительные изменения в генетическом коде ДНК, связанные с генными мутациями, приводят к тонким изменениям в общей структуре соответствующих белков или РНК.

Например, при изучении глобинов — гемоглобина и миоглобина, участвующих в переносе и накоплении кислорода, была получена степень сходства между молекулами гемоглобина у четырех видов приматов: человека, шимпанзе, гориллы и гиббона. Иммунологические исследования тоже свидетельствуют об эволюционном родстве между организмами. Если белки, содержащиеся в сыворотке крови, ввести в кровь животным, у которых этих белков нет, то они действуют как антигены, т. е. побуждают организм вырабатывать соответствующие антитела; в результате возникает реакция антиген — антитело. Эта иммунная реакция обусловлена способностью животного-реципиента распознавать присутствие в сыворотке чужеродных белков.

Сравнительно-серологический метод широко используется для подтверждения филогенетических связей. Например, зоологи не могли систематизировать мечехвоста. Когда к сыворотке против антигенов мечехвоста добавляли антигены различных членистоногих, образование наибольшего количества преципитата² вызывали антигены паукообразных.

3.9. Эволюция и генетика

Современная генетика — это быстро развивающаяся наука о законах наследственности и изменчивости, переживающая глубокие качественные преобразования не только в теоретической сфере, но и в области практического применения (селекция, медицинская генетика).

Первое, на что надо обратить внимание — это те исторически развивающиеся изменения, которые создали современный философский фундамент теории генетики. Стоит выяснить внутренние связи между эволюционной биологией (теорией естественного отбора Дарвина) и зарождающейся генетикой. Эта связь вытекает из определенной общности предметов исследования. Так, дарвинизм изучает

интегральное действие трех факторов эволюции — наследственности, изменчивости и естественного отбора. Предметом же генетики является природа наследственности и изменчивости. Нетрудно заметить, что они взаимообусловлены тем, что познание эволюции органического мира оказывается поверхностным и неполным, если оно проходит без учета сущности наследственности и изменчивости. Взаимообусловленность проблем теории эволюции и генетики не абсолютизирована и благодаря тому, что это единство внутренне различимо, теория эволюции и генетика выступают как относительно самостоятельные дисциплины.

Теоретические обоснования умозрительного развития генетики (К. Нечели, Г. Спенсер, А. Вейсман) исторически а логически были связаны с эволюционным учением и вытекали из него.

История генетики распадается на три этапа — классический (1900-1930 гг.), неоклассический (1930-1953 гг.) и синтетический (с 1953 г.).

Материалистический подход в развитии генетики обеспечил создание теории гена, хромосомной теории наследственности, теории мутаций и современной молекулярной генетики.

Классический этап генетики начался после переоткрытия законов Менделя. В своей работе 1865 году Мендель, анализируя потомство, полученное от сортов гороха, обладающих контрастно отличающимися признаками, открыл новый мир явлений. Его работа объединила биологический и математический анализ. Ему удалось создать логическую модель наследственности и дать формулировку законов наследственности. Исходя из этого, Мендель основал теорию гена. Он выделил самое существенное свойство генов — дискретность — и сформулировал принципы независимости комбинирования генов при скрещивании.

В течение первого десятилетия XX века генетика переживала сложный этап своего развития. Теория генов утверждалась на основе громадного числа опытов с растениями, животными, микроорганизмами, а также при наблюдениях за наследственностью человека. Теория гена стала развиваться, признавая всеобщность генной организации наследственности для всех органических форм. Заслуга в этом вопросе принадлежит английскому ученому В. Бэтсону (1861—1926), который показал, что менделевские за-

коны наследственности свойственны не только растениям, но и животным, и установил явление взаимодействия генов при развитии особи.

Исключительно важным было обоснование учения о фенотипе и генотипе организмов, которое положило начало рассмотрению «явления» и «сущности» в проблемах генетики. Работы датского ученого В. Иогансена (1857-1927) показали действие естественного отбора как фактора, преобразующего генотип на основе наследственной изменчивости при формирующей роли среды.

Развитие генетики этого периода оказало серьезное влияние на селекцию, и в первое десятилетие XX века началась коренная перестройка методов селекции. Селекция переходит на аналитический уровень путем выделения из популяции генотипически ценных линий.

Сформулированные выше принципы, а именно:

- 1) всеобщность генной организации;
- 2) различия между генотипом и фенотипом;
- 3) соединение генетики и селекции имели важнейшее значение; их обоснование заложило краеугольный камень в здание будущей генетики.

4. Единство и многообразие органического мира

Еще на заре развития человеческой культуры людей поражала не только целесообразность строения отдельных живых существ, но и тот «порядок», который существует в живой природе в целом. Уже в древнейших индийских, египетских, китайских источниках и особенно в античной философии можно найти много интересных мыслей о взаимосвязи между животными и растениями, о единстве и целостности органического мира и его закономерном взаимодействии с органической природой.

В истории биологии видное место занимает борьба материалистического толкования единства, целостности и многообразия живой природы с идеалистическими представлениями о божественном творении животных и растений, о гармонии, приданной миру творцом. С развитием науки ма-

териалистические представления о единстве и многообразии живых существ все более конкретизировались и углублялись. Важную роль в этом сыграло изучение великого множества органических форм, населяющих Землю.

Многообразие органического мира не ограничивается числом различных видов. Виды, в свою очередь, состоят из молодых и взрослых индивидуумов, многие — из самцов и самок, у некоторых общественных насекомых имеются матки, трутни, рабочие и солдаты, и, наконец, у большинства видов есть разновидности, географические расы и экологические формы. Для них характерны определенные строения и образ жизни.

При всем многообразии органический мир — не что-то разрозненное и хаотичное. Напротив, он представляет собой единое целое. Единство живой природы, как и мира в целом, выражается в ее материальности. Все виды животных и растений представляют собой различные формы существования живой материи. Как бы ни отличались друг от друга отдельные виды животных, растений и микроорганизмов, всем им присуще определенное биохимическое единство, выражающееся в общности химического состава (белков, углеводов, жиров, ферментных и гормональных систем и др.) и близости типов реакций, лежащих в основе процессов ассимиляции и диссимиляции. Одним из выражений такой близости служит, например, сходство химического состава растительного пигмента хлорофилла с животными кровяными пигментами — гемоглобинами и гемоцианинами, обеспечивающими дыхание. Близки химически ферменты растений и животных, и одинакова общая роль белков и нуклеиновых кислот; у всех животных, от простейших до человека, основные ферменты сходны. Есть и много других признаков удивительной биохимической общности всех отделов органического мира. В то же время имеются и специфические особенности биохимизма, отличающие животных от растений, бактерии от вирусов, а порой даже одну разновидность от другой.

Сходность основных биохимических и физиологических особенностей животных, растений и микроорганизмов дополняется едиными чертами их строения и особенно тем, что клетка является основой структуры всех организмов. Существенным моментом, характеризующим единство органического мира, является наличие некоторых об-

щих законов, по которым живут и развиваются все виды животных и растений. Таков закон единства живого тела и условий жизни, закон естественного отбора, закон взаимосвязи индивидуального и исторического развития организмов и т. д.

Органический мир представляет собой единое целое, но в то же время он дискретен, т. е. состоит из отдельно существующих частей. Эти части соподчинены и образуют целостную систему, каждая часть обладает самостоятельностью, т. е. в определенных отношениях является и целым. Обладая известной автономией, части входят в состав более крупных структурных единиц, образуя разные ступени организации — от клетки до органического мира как целого.

Как и всякое вещество, живая материя построена из молекул и атомов. Их взаимодействие, обуславливающее обмен веществ или проявление жизни на молекулярном уровне, изучают биохимия и биофизика. Следующей по величине частью живого являются клетки, образующие ткани и органы. Отличаясь высокой степенью интеграции частей, организмы обладают неизмеримо большей автономностью по отношению друг к другу, нежели составляющие их органы и части.

Но автономность организмов (особей, индивидуумов) тоже относительна, они существуют лишь как составные части популяций. Популяции представляют собой совокупности свободно скрещивающихся особей одного вида, занимающих определенные территории — биотопы. Совокупность таких территориальных популяций составляет вид, распространенный на определенной части земной поверхности, к условиям которой он приспособился.

Почти каждый вид состоит из различающихся по строению, но в то же время кровнородственных групп индивидуумов; у многих животных личинки не только отличаются по внешнему виду, строению и физиологии, но и живут в других местах либо питаются иной пищей и имеют многие другие особенности. Также отличаются самцы и самки, а у многих видов насекомых, паразитических червей и других известны пищевые расы, живущие за счет разных кормов или по-разному размножающиеся, например, озимые и яровые расы рыб. Вид, таким образом, представляет не простое собрание одинаковых индивидуумов, а сложную

систему группировок, соподчиненных, тесно связанных друг с другом и тем самым поддерживающих существование друг друга.

Объединение разнородных индивидуумов в популяции, а различных популяций в виды создает много преимуществ в борьбе за существование и обеспечивает более активные отношения вида со средой, поскольку здесь возникают более активные сложные формы групповой жизнедеятельности. Морфологическое разнообразие внутри вида, существование географических рас (подвидов) и биологических форм расширяют использование видом среды и имеют важное значение для успеха его борьбы с другими видами.

Изучением видов заняты систематика, экология, палеонтология, биогеография и популяционная генетика.

Наконец, популяции разных видов образуют сообщества (биоценозы), занимающие отдельные участки земной поверхности. В каждый биоценоз, где бы он ни находился, входят хлорофиллоносные растения, питающиеся ими растительноядные животные, хищники и паразиты, живущие за счет растительноядных животных, и, наконец, микроорганизмы, минерализующие трупы животных и растений. Такие сообщества представляют собой целые системы, где существование одних видов без других невозможно, так как их обмен веществ приспособлен друг к другу и одни виды используют продукты метаболизма других видов или их самих в качестве пищи. В биоценозах на основе взаимодействия составляющих их видов возникают новые формы отношений живых существ с неживой природой. Биоценозы отдельных биотопов и природных зон на основе общего круговорота веществ объединяются в единую систему — органический мир. Экология (биоценология) и биогеография изучают эти сложные системы многих видов.

Все части единого органического мира отличаются не только степенью самостоятельности и автономности, но и тем, что по мере их усложнения на каждой ступени возникают качественно новые, все более сложные проявления жизни, при этом углубляется и расширяется взаимодействие живого с неорганической средой.

Единство многообразной и сложно организованной живой природы выражается во взаимосвязях и взаимодействии качественно различных видов животных, растений и микроорганизмов. Эти взаимоотношения и служат основой

возникновения и развития сообществ, состоящих из разных видов. Такова структура органического мира, покоящаяся на основном свойстве живой материи — обмене веществ и энергии со средой.

Будучи единым целым, живая природа не представляет собой какой-то замкнутой автономной системы. Она находится в тесном единстве и взаимодействии с окружающей ее неживой природой. Тела животных и растений состоят из тех же химических элементов, в них действуют те же химические и физические законы, которые присущи неживой природе. Неживая природа не только породила живое на определенной ступени своего развития, но и является необходимым условием его существования и развития. Существование жизни обеспечивается взаимодействием каждой особи с окружающей ее абиотической и биотической средами, а также взаимоотношениями всего органического мира как целого с неживой природой. Первое исторически обусловило строение индивидуумов, их приспособленность к определенным условиям. Второе осуществляется посредством определенной организации видов и образованием сообществ различных форм животных, растений и микроорганизмов.

Единство, тесная взаимосвязь организмов с окружающими абиотической и биотической средами нашли яркое выражение в трудах русского биолога К.Ф. Рулье, русского физиолога И.М. Сеченова. Углубил эти представления о единстве организмов и среды И.В. Мичурин. «Каждый организм, каждое свойство, каждый член, все внутреннее и наружные части всякого организма, — писал он, — обусловлены внешней обстановкой его существования. Если организация растения такова, какова она есть, то это потому, что каждая ее подробность исполняет известную функцию, возможную и нужную только при данных условиях»³. Разнообразные формы животных, растений и микроорганизмов отличаются друг от друга величиной, формой, строением, функциями (характером жизнедеятельности), местами обитания (географическим распространением), органическим веществом, синтезируемым с помощью хлорофилла. Помимо растений это делают бактерии — хемосинтетики, использующие при синтезе энергию химических превращений. За счет растений живут другие организмы. Животные питаются готовыми органическими веществами и являются

его потребителями (консументами). Наконец, значительная часть микроорганизмов (большая часть бактерий и низших грибов — актинолицетов) существует за счет мертвого органического вещества (трупов животных и растений), разлагая его и возвращая к исходному неорганическому состоянию. Поэтому их называют разрушителями (редуцентами) органического вещества. Другие микроорганизмы ведут паразитический образ жизни, существуя за счет живых растений и животных.

Таким образом, животные, растения и микроорганизмы не просто сосуществуют, а живут за счет друг друга, находясь в необходимой связи, без которой их жизнь невозможна. Эти связи сложились исторически в ходе развития органического мира в результате противоречий, с одной стороны, между живой и неживой природой, с другой — между организмами, каждый из которых для своих партнеров представляет часть окружающей его среды, причем часть относительно более важную, нежели неорганическая природа.

5. Жизнь как биологический круговорот веществ

Нормальное протекание жизненного процесса каждого организма требует не только поступления в организм определенных веществ и энергии, но и удаления из него продуктов обмена и рассеяния избыточной энергии во внешнюю среду. Из этого и складываются основные потребности организма, удовлетворяемые за счет других живых существ и неорганической среды. В эти потребности входят пищевые вещества (органические и минеральные), газы (кислород) и вода; для нормального хода реакций необходимы определенная температура (различная в разных случаях), активная реакция (рН), плотность, давление среды и движение ее частиц; наконец, для существования организма требуется известное пространство, на котором он находит для себя все необходимое.

Растения получают основные вещества и энергию почти полностью из неорганической природы. Климат и другие физические и химические особенности среды зависят от положения участка на земной поверхности и его геологи-

ческого строения, т. е. преимущественно также от неорганических факторов. Одновременно в жизни всех растений непосредственную и очень важную роль играют взаимоотношения с другими видами растений и животных, так как они воздействуют на химические процессы и на физическое состояние среды.

Все организмы прямо и косвенно связаны как с неживой природой, ее климатическими, географическими и другими физическими и химическими факторами, так и со своими партнерами по сообществу. В этом многообразии отношений находит выражение взаимосвязь и взаимообусловленность абиотических и биотических факторов среды, воздействующих на всякий организм как целостная система, хотя каждый из перечисленных элементов среды в то же время самостоятелен и в определенных пределах может меняться независимо от других.

Отношения разных видов со средой всегда специфичны, что и отличает виды друг от друга. Каждый вид связан с определенными элементами (факторами) среды, которые могут быть безразличными или малозначительными для его соседей — других видов. Эта специфичность является прямым следствием эволюции, происходящей по открытому Ч. Дарвином принципу расхождения (дивергенции) видов, каждый из которых имеет свою «экологическую нишу» в сообществе. Под экологической нишей понимают место, занимаемое данным видом в тех сообществах, куда он входит в качестве одного из членов. Это место определяется отношением к абиотическим условиям и связям данного вида с другими видами. Особенно важны пищевые связи. Опираясь на них, можно выделить ниши травоядных копытных (преимущественно древоядных оленей), насекомоядных птиц, хищных птиц и т. д.

В результате объединения отдельных видов сложной системы — биоценоза — образуется единая структура органического мира; она обладает высокой степенью слаженности, чем и объясняется ее устойчивость. Но эти связи одновременно и противоречивы, что определяется характером отношений каждого со средой.

Отношения к среде отдельно взятого вида имеют односторонне необратимый характер. Вид извлекает из среды необходимые ему вещества и энергию, но возвращает их в иной, обычно измененной и непригодной для повторного

использования форме. Этим вид истощает и засоряет свою среду, не восстанавливая причиненных нарушений. И если бы результаты его деятельности не ликвидировались противоположно направленной восстановительной деятельностью других видов, его существование в скором времени стало бы невозможным. Так, растения, извлекая из почвы питательные вещества, обедняют ее, и, если бы не существовали почвенные микроорганизмы, разлагающие мертвые тела погибших растений и животных, растительность очень скоро погибла бы.

Односторонний характер воздействия любого вида на окружающую среду и невозможность его непрерывного существования без восстановления другими видами использованных ресурсов объясняют неизбежность возникновения и развития жизни как общего и единого круговорота веществ в биосфере. Биосфера представляет собой те части газообразной, жидкой и твердой оболочек земного шара — атмосферы, гидросферы и литосферы, которые заселены и преобразованы живыми существами.

Еще на заре жизни наметились два основных звена биогенного круговорота веществ — *гетеротрофного* и *автотрофного* питания. Гетеротрофное питание означает усвоение организмами уже существующих органических веществ, а автотрофное — их синтез из веществ неживой природы. Круговорот веществ замкнулся при появлении сапрофитов, минерализующих мертвое органическое вещество и возвращающих его в исходное неорганическое состояние. Последующий рост многообразия органического мира приводил к расширению и углублению биологического круговорота веществ. В ходе эволюции не только увеличилось многообразие форм живой материи, но и росло число видов, усложнилось строение организмов. Одновременно усложнилась общая структура живого покрова земли и занимающих отдельные участки земной поверхности сообществ животных, растений и микроорганизмов. Эволюция видов была неразрывно связана с развитием их сообществ и тем самым — с усложнением и расширением их связей с неживой природой. Увеличение многообразия и усложнение структуры органического мира укрепило его целостность и единство.

Основным стержнем круговорота веществ служит питание особей одних видов особями других и использование

одними видами продуктов обмена других. Важнейшей формой круговорота явились возникавшие на этой основе сначала простые трехчленные, а позднее более сложные (из 5-7 звеньев) цепи питания. Они состоят из производителей органического вещества — растений, его первичных потребителей — растительноядных животных, вторичных потребителей — хищников (плотоядных) и паразитов и третичных потребителей — сапрофитов — разрушителей. Примерами таких цепей питания в степном биоценозе могут быть:

- 1) злаки и разнотравье — копытные — хищники — паразиты — возбудители болезней — сапрофиты почвенной микрофлоры (бактерии и низшие грибы);
- 2) злаки и разнотравье — саранчовые — птицы и мелкие звери, поедающие саранчовых, — хищные птицы и звери — их паразиты — сапрофиты — почвенная микрофлора.

Отношения пищи и ее потребителей в подобных цепях важны для жизни каждого вида и определяют его основные морфофизиологические и экологические особенности, в частности, соотношения величин индивидуумов, числа особей и их массы. В грубом приближении размеры организмов растут от звена к звену, и потребитель в большинстве случаев оказывается крупнее пищи. Есть, правда, и довольно многочисленные исключения, связанные со способами добывания и использования пищи. Так, при коллективной охоте хищников они нападают и на добычу, которая крупнее их, а паразиты, как правило, мельче хищников. Увеличение размеров организмов ухудшает их двигательные способности; к тому же крупному животному необходима большая территория для существования. В противоположность размерам особей их число и биомасса (суммарный вес организмов) прогрессивно убывают от звена к звену: и масса пищи примерно в десять раз больше суммарной массы ее потребителей. Многократное убывание массы объясняется тем, что большая часть пищевых веществ расходуется не на построение тела потребителя, а на его деятельность.

Возрастание размеров особей и убывание их числа и их массы ограничивают число звеньев в каждой пищевой цепи, в редких случаях превышающее пять-шесть. Зависимость числа и биомассы других обуславливает структу-

ру сообществ, реагирующих на изменение среды как целостная совокупность взаимосвязанных видов. Эти же связи служат механизмами регуляции, обеспечивающими известную устойчивость сообществ. Все это осуществляется главным образом, на базе биологического круговорота веществ, хотя пищевые связи дополняются очень важными для жизни пространственными отношениями, регулируемые многочисленными внутривидовыми и межвидовыми приспособлениями.

Описанные отношения и связи разных видов служат конкретными путями круговорота веществ. В каждом участке земной поверхности живут свои сообщества, состоящие из многих, иногда параллельных, иногда соединяющихся или пересекающихся цепей питания. Они-то и представляют те отдельные ручьи и реки, из которых состоит общий поток биологического круговорота веществ и энергии. Но эти отдельные ручьи и реки соединены многочисленными рукавами — протоками, так как некоторые виды животных, особенно подвижные хищники, одновременно являются участниками нескольких параллельных цепей питания и могут входить в несколько сообществ. Так, местные популяции разных видов, образующие сообщества отдельных биотопов, объединяются в биоценозы более крупного ранга — сообщества географических районов, природных зон, континентов и морей, и, наконец, в единый органический мир.

С ростом многообразия и усложнением органического мира в круговорот вовлекается все больше веществ; среда все полнее и глубже осваивается организмами. Одновременно часть вовлеченных веществ выходит из круговорота в виде инертных отложений (известняки, сапропели, торф и т. п.).

Отношения животных, растений и микроорганизмов, развивающиеся на базе биологического круговорота веществ, имеют столь же длительную историю, как и эволюция этих групп; они регулируются возникшими в ходе эволюции взаимными приспособлениями. Именно этим объясняется известный порядок и слаженность в биоценозах. Но эти отношения и противоречивы. Отдельные виды животных, растений или микроорганизмов связаны друг с другом пищевыми, пространственными и другими отношениями; во многих случаях они не могут существовать друг

без друга. В то же время каждый вид обладает определенной самостоятельностью.

Автономность вида как части целостного органического мира заключается в возможности множества путей его приспособления к среде. Какой из них реально осуществится, будет зависеть от конкретного сочетания обстоятельств. Кроме того, виды возникли в разных местах и в разное время, имеют, следовательно, неодинаковую историю и способность существовать в тех или иных условиях. В биоценозах виды различного происхождения, в разное время вошедшие в состав данного сообщества, обычно составляют значительную долю. Поэтому неодинакова и степень их взаимной приспособленности, а сами приспособления относительны.

Различают два основных типа межвидовых отношений:

- а) *симбиоз*, не обоюдное полезное сожительство, а все формы сожительства и взаимных связей или сосуществование (**в широком смысле слова**), при котором виды связаны друг с другом взаимными приспособлениями и входят в состав **одного** биоценоза, часто одной цепи питания;
- б) *антибиоз*, или невозможность сожительства видов, так как существование одного исключает или затрудняет пребывание другого.

При симбиозе наиболее важную роль играют пищевые связи. Они поддерживаются обоюдными приспособлениями пищи и ее потребителей, обеспечивающими взаимную регуляцию их численности. Так, анатомия, физиология, образ жизни и повадки растительноядных животных связаны с поисками, поеданием и перевариванием корма. Размножение и увеличение их числа на пастбищах ведут к истощению последних, а в крайних случаях даже к превращению пастбищ в почти бесплодную пустыню. Прямым следствием истребления корма служит откочевка или гибель животных; требуется длительное время, чтобы пастбище восстановилось. Примеры такого «перевыпаса» пастбищ хорошо известны не только для домашних, но и для диких животных. Однако гибель пастбищ может наступить и в случае их неиспользования. В этом случае отрастающая растительная масса накапливается на поверхности и губит живую растительность. Лишь некоторая средняя интенсивность использования пастбищ поддержи-

вают их в хорошем состоянии. Следовательно, многие виды растений, особенно злаки, исторически приобретшие способность быстрого роста как приспособление против повреждений животными, нуждаются в подстригании. Это показывает, что существование растительноядных животных в ходе исторического развития стало необходимым условием для существования растений. Напомним, кстати, хорошо известную роль многих животных в опылении растений, в распространении их спор и семян.

Противоречивы отношения хищников к их добыче, паразитов, вызывающих болезни, и их хозяев, хотя и у них многочисленные приспособления уменьшают опасность гибели жертв, увеличивают шансы получения пищи их врагами. Питаясь за счет своих жертв, хищники и паразиты причиняют их популяции бесспорный ущерб. Но эти враги оказываются иногда не только вредными, но и полезными, подчас даже необходимыми для существования животных, служащих им пищей. Так, хищники, усиленно уничтожая слабых и больных животных, способствуют оздоровлению популяции всех видов, на которые они нападают. Исключение или даже сокращение истребительной деятельности хищников во многих случаях сопровождалось распространением заболеваний и снижением жизнеспособности популяция их жертв.

Многие паразиты вызывают заболевания и могут стать причиной гибели своих хозяев (растений и животных), но среди них есть и полезные виды, помогающие пищеварению (микрофлора кишечника), увеличивающие стойкость против заболеваний (антагонисты патогенных видов). Некоторые из них совершенно необходимы своим хозяевам («симбионты»).

Таким образом, обоюдные приспособления «пищи» и ее потребителей в некоторой мере уравнивают пищевые взаимоотношения, обеспечивая известную устойчивость пищевых цепей. Но это уравнивание постоянно нарушается при изменении численности отдельных видов, колебаний погоды и других условий. В результате часть веществ выходит из круговорота, что изменяет среду в биоценозе; медленно, но постоянно накапливаются необратимые изменения. Они свидетельствуют не только об отсутствии равновесия в системе «пища — потребитель», но и указывают на изменения неорганической природы.

Наравне с пищевыми, развиваются и пространственные связи, когда одни виды могут служить для других сообитателями, субстратом или даже средой обитания. Такое дополняющее пищевые связи сожительство усложняет межвидовые отношения, увеличивая их многообразие. Внедрение в биоценоз нового вида изменяет не только пищевые связи, но и пространственные отношения. Так может усложняться и обогащаться или упрощаться структура биоценозов.

Противоположным по характеру типом межвидовых отношений служит антибиоз, исключаящий или затрудняющий совместное существование различных видов. Сюда относят активную борьбу и конкуренцию за пищу и другие средства к существованию, за убежище и пространство. Активная борьба может вестись путем прямых столкновений, преследования; многие виды борются друг с другом, выделяя во внешнюю среду ядовитые вещества. Конечным итогом таких отношений бывает либо пространственное разобщение, когда виды могут входить лишь в разные сообщества, либо расхождение в разные экологические ниши в пределах одного сообщества. Конкуренция и антагонизм особенно отчетливы во взаимоотношениях близких видов со сходными потребностями, однако антибиоз часто свойствен и многим неродственным группам организмов, например, многим низшим грибам и бактериям.

Биологическое значение антибиоза заключается в том, что он служит средством разграничения отдельных сообществ, поддерживающих целостность и устойчивость каждого из них. Многочисленные случаи хорошо известной конкуренции за источники существования показывают, что, как и всякое приспособление, это средство имеет лишь относительное значение. Примеры увеличения способности выдерживать конкуренцию или преодолевать антагонизм, переходя к сожительству (среди микроорганизмов), показывают противоречивость и отношения антибиоза, в отдельных случаях переходящего в свою противоположность.

Таким образом, межвидовые отношения, охватывающие бесконечное разнообразие пищевых и пространственных связей, принимают то формы обоюдного или одностороннего полезного сожительства, то формы антагонизма, исключаящего совместное существование. Но так как и те, и другие весьма относительны и противоречивы, они не остаются неизменными и могут переходить друг в друга.

Изменения отношений разных видов могут происходить и вследствие превращения какого-либо одного вида в другой. Изменяя среду видов-сожителей, такое превращение может оказаться причиной изменения не только биоценоза, но и входящих в его состав видов. Так, следствие становится причиной, выясняются связи опосредования, что имеет более важное значение, чем установление только факта взаимодействия.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое упущение допустил Ван Гельмонт в своем эксперименте?
2. В чем состояли исходные представления Реди?
3. Какая другая причина могла препятствовать росту микроорганизмов в экспериментах Спалланцани?
4. В чем состояли главные предложения Пастера относительно возникновения жизни?

Примечания

¹ Репликация — механизм копирования генетического материала.

² Преципитат — комплекс антиген — антитело, выпадающий в осадок, образующийся при введении сенсибилизирующей сыворотки.

³ Мичурин И.В. Избр. соч. М., 1984. С. 282-283.

Раздел VI. ЧЕЛОВЕК

I Происхождение человека и цивилизации

1.1. Возникновение человека

Одной из самых фундаментальных нерешенных проблем современного научного познания является постижение генезиса человека. Поскольку человек, представляя собой часть живой природы (биосферы), является космопланетарным феноменом, постольку традиционный подход к проблеме человека в ключе рассуждений о взаимосвязи биологического и социального, подход к проблеме человека, понимаемого как «биосоциальный синтез», явно неадекватен современному состоянию дел в науке. Более перспективным является подход, рассматривающий человека как продукт длительной биологической эволюции, воспроизводящей в информационном аспекте развитие нашей Вселенной после Большого взрыва, как вместе с социокультурной эволюцией, с которыми связана и его психическая эволюция.

Уже известно, что одним из процессов, придавших биосфере неповторимый облик, является эволюция видов, сопровождающаяся гибелью одних, выживанием вторых и появлением новых (например, вымерли динозавры, сохранились кораллы, появились млекопитающие). В ходе эволюции остаются те организмы, которые своей жизнедеятельностью увеличивают свободную химическую энергию в биосфере, то есть эволюция идет в определенном направлении. *В.Л. Вернадский* подчеркивает значимость высказывания американского геолога *Д. Дана* о том, что «в ходе геологического времени, говоря современным языком... наблюдается (скачками) усовершенствование — рост — центральной нервной системы (мозга), начиная от ракооб-

разных... и от моллюсков (головоногих) и кончая человеком. Раз достигнутый уровень мозга (центральной нервной системы) в достигнутой эволюции идет уже не вспять, а только вперед». В таком ракурсе появление человека есть закономерный результат развития биосферы, функционирования ее космопланетарных механизмов. В свете последнего положения и следует рассматривать проблему происхождения человека, относящуюся к числу важнейших вопросов мировоззрения и науки. Согласно современным научным данным, наиболее адекватной действительности является эволюционная теория происхождения человека от животного предка — гоминид. Эволюцию мозга гоминид в плейстоцене следует считать весьма особым процессом, по крайней мере, по двум причинам. Во-первых, в связи с ее темпами: это был один из наиболее бурно протекающих процессов макроэволюции в истории позвоночных, если не в истории животного мира вообще. Во-вторых, в связи с его феноменальным последствием: этот процесс привел к возникновению уникального в животном мире биосферы явления, каковым является человеческая психика. Здесь речь идет о следующих связанных между собой ее свойствах: 1) оперирование образами и понятиями, содержание которых свободно от ограничений пространства и времени и может относиться к воображаемым, никогда и нигде не существующим событиям; 2) познавательная способность, основанная на проникновении в структуру мира и построении модели мира; 3) способность как соблюдения существующих моральных норм поведения, так и разрушения и саморазрушения; 4) самосознание и рефлексия, проявляющиеся в способности созерцать собственное существование и осознавать смерть. Возникает проблема объяснения особенностей эволюции мозга гоминид, а также наличия колоссальных различий между мозгом человека и современных человекообразных обезьян, например шимпанзе.

Как известно, в человеческом мозгу уже давно установлен регион коры больших полушарий, управляющий понятийной стороной речи (точнее говоря, регион, повреждение которого или электростимуляция вызывают нарушения в семантической или грамматической структуре высказывания). Однако мозг человека в сравнении с мозгом шимпанзе не содержит ни одного нового типа клеток, тканей или органов, к тому же отдельные его части имеют аналогич-

ные пропорции. Различие состоит в основном в меньшей у человека плотности упаковки нейронов в коре, в большем числе дендритов (следовательно, более плотной сети межнейронных связей), в большем числе нейронов коры с короткими аксонами и большем количестве (на единицу объема коры) нейроглиальных клеток. Наконец, соотношение абсолютного числа нейронов коры человеческого мозга и коры мозга шимпанзе равно 1,4:1,0. В сумме известные до сих пор структурные и физиологические различия между мозгом человека и мозгом шимпанзе кажутся тривиальными, поэтому возникает проблема объяснения генезиса принципиальных различий в сфере психики и поведения между этими двумя видами.

В науке выдвинут ряд гипотез, которые пытаются разрешить эту проблему: человек возник благодаря тому, что его древнейшие предки в большей степени были падальщиками, чем охотниками; человек стал человеком благодаря жизни в воде, мутации в клетках мозга гоминид, вызванной жесткими излучениями вспышки Сверхновой звезды, либо инверсиями геомагнитного поля; либо мутант среди гоминид появился в результате теплового стресса. Рассмотрим эти гипотезы в изложенном порядке.

В научной литературе имеются данные о том, что употребление в пищу мяса крупных животных способствовало формированию физических и природных условий, которые привели к появлению характерных особенностей, отличающих человека от обезьян. Обычно считается само собой разумеющейся формула «человек—охотник» — именно в силу занятия ранними гоминидами охотой, а не собиранием падали появился человек. Американские ученые Р. Блюменшайн и Дж. Кавалло считают, что теория «человек-охотник» основана на «более предрассудках, чем на ископаемых находках и экологических аспектах добывания пищи». Они выдвинули гипотезу, согласно которой подбирание падали, вероятно, было более распространенным **способом** добывания пищи, нежели охота 2 млн лет назад, на рубеже плиоцена и плейстоцена: **«Охота на очень мелких животных, возможно, была древнейшей стратегией гоминидов, а с появлением метательного оружия Homo sapiens стал намного более искусным охотником, чем любой другой примат. Тем не менее такой способ добывания пищи, как подбирание падали, оказал более заметное влияние на эволюцию**

человека, чем до этого было принято думать». И хотя эта гипотеза не получила широкого резонанса в сообществе ученых, ее неправомерно сбрасывать со счетов, когда дело касается такой весьма сложной проблемы, как генезис человека.

Оригинальной является гипотеза шведского исследователя *Я. Линдблада*. Согласно ей, южноамериканские индейцы, живущие в тропическом лесу, являются самыми древними людьми на Земле, причем предшественником человека была «безволосая обезьяна», или «икспитек», ведущая водный образ жизни. Именно редуцированная волосатость, прямохождение, длинные волосы на голове (исключение составляют негроидные формы), присущие только человеку эмоциональность и сексуальность обусловлены особенностями образа жизни водяного гоминида (меньшую часть суток он проводил на берегу). «Как всегда, когда новый образ жизни повышает процент выживания, — пишет *Я. Линдblad*, — мутационные изменения наследственных структур влекут за собой приспособление к водной среде. Здесь это выражается в уменьшении волосатости тела и развитии слоя подкожного жира. Однако на голове волосы длинные — важный фактор для выживания детенышей. По той же причине у женщин большие груди с хорошей теплоизоляцией, а для защиты спермы от опасной для нее среды углубляется влагалище и удлиняется пенис. У детенышей первые годы жизни особенно мощный слой подкожного жира. Ноги икспитека длиннее рук, большие пальцы ног не противопоставляются и направлены вперед. Осанка при ходьбе более прямая — возможно такая же, как у нас. Другими словами, у икспитека вполне человеческий вид, во всяком случае, на расстоянии». Дальнейшее развитие черепа и мозга привело к появлению человека современного типа.

В рамках сформировавшегося в последнее время такого направления научных исследований, как «космический катастрофизм», выдвинута гипотеза о возникновении современного человека (и человеческой цивилизации) в связи со вспышкой близкой Сверхновой звезды. Зафиксировано то весьма удивительное обстоятельство, что вспышка близкой Сверхновой звезды по времени (один раз в 100 млн лет) приблизительно соответствует возрасту древнейших останков человека разумного (порядка 35-60 тыс. лет назад).

К тому же ряд антропологов считает, что появление современного человека обусловлено мутацией. А импульс гамма- и рентгеновского излучения от вспышки близкой Сверхновой звезды мог вызвать необратимые изменения в клетках мозга некоторых животных, в том числе гоминид или рост самого мозга, что привело к формированию разумных мутантов вида человека разумного. Во всяком случае, со вспышкой Сверхновой звезды связано: 1) образование Солнечной системы; 2) происхождение жизни и 3) возможно, происхождение современного типа человека с его цивилизацией.

Четвертая гипотеза исходит из того, что современный человек — мутант, возникший вследствие инверсии земного магнитного поля. Установлено, что земное магнитное поле, которое в основном задерживает космические излучения, по неизвестным до сих пор причинам иногда ослабевает; тогда и происходит перемена магнитных полюсов, то есть геомагнитная инверсия. Во время таких инверсий степень космических излучений на нашей планете резко возрастает. Исследуя историю Земли, ученые пришли к выводу, что в течение последних 3 млн лет магнитные полюса Земли четырежды менялись местами. Некоторые обнаруженные останки первобытных людей относятся к эпохе четвертой, геомагнитной инверсии. Такое необычное стечение обстоятельств приводит к мысли о возможном влиянии космических излучений на появление человека. Эту гипотезу усиливает следующий факт: человек появился в то время и в тех местах, в которых сила радиоактивного излучения оказалась наиболее благоприятной для изменения человекообразных обезьян. Именно такие условия возникли около 3 млн лет назад в Южной и Восточной Африке — в период отделения человека от мира животных. По мнению геологов, в этом регионе в силу сильных землетрясений обнажились залежи радиоактивных руд. Это, в свою очередь, вызвало мутацию у определенного вида обезьян, который был наиболее предрасположен к изменению генетических черт. Вполне возможно, что около 3 млн лет назад длительное воздействие радиоактивного излучения настолько глубоко изменило австралопитека, что он стал способен совершать действия, необходимые для его безопасности и обеспечения пищей. В соответствии с этой гипотезой питекантроп появился около 690 тыс. лет назад,

когда наступило второе изменение геомагнитных полюсов. При третьей инверсии магнитных полюсов Земли (около 250 тыс. лет назад) мы имеем дело с неандертальцем, возникновение же современного человека приходится на четвертую геомагнитную инверсию. Такой подход вполне правомерен, ибо известна роль геомагнитного поля в жизнедеятельности организмов, в том числе и человека (следует отметить тот примечательный факт, что магнитное поле определенной конфигурации и напряженности становится непроницаемым для радиоактивного излучения).

Оригинальна и интересна пятая гипотеза о росте массы мозга у гоминидов в силу адаптации к экстремальному тепловому стрессу. Ее содержание сводится к следующим положениям.

1. Вполне вероятно, что наиболее ранняя форма охоты у гоминидов — это охота индивидуальным способом, «состяжание на выносливость», применяемым до сих пор, например, бушменами. Такая охота требует многочасовых марш-бросков в тропической саванне и должна вызывать сильный тепловой стресс, который угрожает расстройством деятельности нейронов коры, весьма чувствительных к росту температуры. В итоге наступает временное нарушение пространственной ориентации и памяти. Человек обладает характерной и не встречающейся у других приматов адаптацией, предохраняющей тело от перегрева и облегчающей потерю тепла через выделение и испарение (отсутствие волосяного покрова, исключительно богатая система потовых желез). Однако такого рода адаптации, вероятно, было недостаточно для устранения угрозы перегрева крови в сосудах мозга в условиях «состяжания на выносливость».

2. У быстробегающих млекопитающих тропической зоны имеются специальные приспособления для поддержания постоянной температуры в сосудах мозга, например, сети сосудов у газели Томпсона, благодаря которым температура после 7-минутного бега со скоростью 40 км/час возрастает только на 1 градус, тогда как температура крови в периферических сосудах поднимается на 5 градусов. Поэтому адаптация гоминидов к этому стрессу была иной, основывалась именно на создании дополнительных нейронов коры и увеличении числа **связей между** ними.

3. Подобного рода естественный отбор рассчитан на создание мозга не столько «разумного», сколько устойчивого к периодическим, экстремальным сильным тепловым стрессам. Возникший таким образом мозг, имеющий избыток нейронов и связей, приобрел усиленный интеллектуальный потенциал, однако последний является только побочным эффектом устойчивости к тепловому стрессу (в последнее время внимание генетиков, физиологов, биохимиков привлечено к синтезу в клетках многих организмов так называемых стрессовых белков, особый интерес представляют белки теплового шока).

4. Эти новые потенции мозга были потом использованы для целей, к которым он первоначально вовсе не был предназначен, то есть к «абстрактному мышлению», символической коммуникации и пр., а также одновременно к совершенствованию техники охоты. Последнее сделало охоту занятием менее тяжелым физически и тем самым сначала уменьшило, а затем и окончательно устранило действие отбора для адаптации к перегреву. С этого момента дальнейшая эволюция мозга гоминидов происходила уже путем отбора на «разумность».

5. Если бы гоминиды не стали использовать полученного в результате тепловой адаптации избытка нейронов коры мозга весьма рано «человеческим способом», то мозг стал бы преобразователем информации с еще большими возможностями. Это значит, что действие отбора на устойчивость к «перегреву» более длительное время привело бы к еще большим потенциям разума современного человека. В целом эта гипотеза может быть весьма плодотворной в выяснении происхождения человека, ибо она связана с процессами терморегуляции живого вещества биосферы.

Пятая гипотеза исходит из того, что человек как новый вид возник благодаря основному биологическому отличию гоминид от других млекопитающих высоким уровнем удельного метаболизма и следующего из этого вероятного эколого-демографического следствия. К этому следует добавить то обстоятельство, что у человека и его предков имелись средства *коллективного* производительного потребления (*коллективные* орудия), отсутствующие у остальных животных. Именно высокий уровень удельного метаболизма вызвал эколого-демографические проблемы у гоминид, которые оказались эффективно решенными не-

биологическими средствами демографического самоконтроля гоминидами своих сообществ. Такими средствами и являются средства *коллективного* производительного потребления, позволяющие контролировать численность сообщества. Иными словами, существует вполне определенная связь между демографией и технологией, выработанной в рамках культуры как небиологического наследования в обществах древних гоминид. «В зависимости от биопродуктивности своего местообитания ранние гоминиды могли иметь тот или иной вариант структуры сообщества... и донести признаки похожих общественных структур до эпохи цивилизаций». Другими словами, речь идет об этносах, выстроенных на основе архаичных кровно-родственных общественных структур. В целом следует отметить, что проблема происхождения человека весьма сложна и до сих пор не решена.

1.2. Проблема этногенеза

Проблема этногенеза, которая является одной из значимых в отечественной этнологии и которая до сих пор не решена окончательно, неразрывно связана с пониманием природы этноса (этнического). В современной этнологической науке не выработано единого общепринятого взгляда на природу этнического, сопряженного с понятиями «этнос» и «этничность». Можно выделить три подхода к пониманию природы этноса и этничности, а именно: примордиалистский, конструктивистский и инструментальный. Согласно первому, этнос и этничность являются объективно и первоначально существующими — человек в силу своего происхождения относится к определенному этносу. Конструктивистский подход рассматривает этнос как некое концептуальное построение, интеллектуальный конструкт, который может быть использован для мобилизации людей на коллективные действия для достижения социальных, экономических, политических и других целей. Иными словами, этнос не существует в качестве объективной реальности, в действительности существует культурное многообразие. Инструментальный подход представляет собой попытку синтеза примордиалистского и конструктивистского подходов: с одной стороны, признается основной тезис конструктивизма об искусственном, сконструированном мето-

дами социальной инженерии идеях этноса и этничности, которые овладевают умами людей и приводят их в движение, с другой — тезис примордиализма о наличии некоей природной объективной основы этноса и этничности, благодаря чему и возможен феномен «разбуженной этничности».

Вполне вероятно, что инструментальный подход к этносу и этничности является наиболее адекватным действительному положению вещей. Однако здесь возникает зафиксированная в этнологической науке и до сих пор не решенная основная проблема: что выступает объективной основой для формирования этничности как ядра самосознания. Современная этнология не имеет общепринятой методологии анализа и интерпретации этнического, трудно выделить четкий универсальный критерий для выделения этноса. В объективистских, примордиалистских интерпретациях, которые на материалистической основе пытаются в качестве критерия использовать язык, культуру, общую территорию, формирование этнического самосознания по принципу «мы» и «они», фактически речь идет о социуме, о любой социальной общности. Ни язык, ни общая территория, ни культура и даже ни стереотип поведения (на чем настаивал *Л.Н. Гумилев*) не являются универсальными критериями этноса и формируемой на его основе этничности, так как теряется специфика этнического. Субъективистские, конструктивистские концепции обладают существенным недостатком — они не могут объяснить, почему люди принимают сконструированную идею этничности и на этой основе образуют этническую общность. Существенным является то, что все эти интерпретации и концепции не могут объяснить результаты эмпирических исследований, которые показывают как устойчивость этнической идентичности, ее способность транслироваться от поколения к поколению, так и ее вариабельность, способность находиться в латентном состоянии, актуализироваться в определенных социальных ситуациях. Инструментализм стремится преодолеть ограниченности примордиалистского и конструктивистского подходов к этносу и этничности, однако сам не в состоянии решить основную проблему природы этнического и связанного с ним ряда вопросов. В случае примордиализма возникает проблема определения этничности приемных детей, детей от смешанных браков и пр.

Конструктивизм же считает, что этничность может быть «навязана» извне путем манипуляции сознанием, но тогда нет ответа на вопрос о том, почему одним индивидам можно навязать этничность, а в отношении других это невозможно сделать. Существует еще и такая интересная проблема этничности, как яркая эмоциональная окраска этнического самосознания, болезненная реакция представителей этноса на негативные оценки их народа. Почему в эпохи развала социума на первый план выступает этническое, то есть почему люди начинают идентифицироваться по этническому признаку?

Наша гипотеза, исходящая из выработанной *Э.А. Орловой* с сотрудниками модели культуры, включающей в себя фундаментальный обыденный пласт и специализированные сферы культуры — религия, искусство, наука, философия и др., — заключается в следующем. Этнос — это не политическая, не экономическая и даже не общность людей, разделяющих набор ценностей и идеалов современной культуры. Это общность, сформированная на основе обыденного пласта культуры, фундаментом которого служат ее древние, архаические слои, связанные с генезисом этнических культур, когда шел процесс активной адаптации человеческих сообществ к разным условиям природной и социальной среды. Поэтому в разных культурах наряду с инвариантными характеристиками (культурными универсалиями) этим архаическим слоям присущи некоторые различия, которые проявляются в специфичности этносов. Эти дифференциальные различия сохраняются на уровне обыденной культуры, они осваиваются в ходе первичной социализации индивида — в малой родственной группе, каковой выступает семья. В последней доминирующую роль в воспитании ребенка с первых дней жизни играет мать, когда на эмоциональном и довербальном уровне в ходе освоения и усвоения ребенком предметного мира культуры и способов общения происходит передача стереотипов и ценностей этнического. Этничность в метафорическом ключе — это образ матери, дремлющий в человеке, она не находится ни в генах, ни в разуме, она хранится в глубинных структурах бессознательного и актуализируется в экстремальных ситуациях, когда у индивида возникает потребность в надежной и прочной опоре, что и объясняет консолидацию людей по этническому признаку в деста-

билизированном обществе. Необычайная стойкость этнических стереотипов, архетипов объясняется тем, что происходит их закрепление в сознании индивида на довербальном и эмоциональном уровне, субстратом которых являются самые древние слои палеокортекса. Для психики человека, носящей многослойный характер, существенной является закономерность: из нее в первую очередь вытесняется все, связанное с неокортексом, и в последнюю — закрепленное в палеокортексе. Обыденный пласт современной культуры, связанный по своему генезису с традиционной культурой, модифицируется под влиянием динамического развития и усложнения общества техногенной цивилизации, тогда происходит изменение признаков ее наиболее консервативных архаических слоев, что объясняет концепцию *Л.Н. Гумилева* о дискретном характере этногенеза. Изменяется общество и культура как его «свое иное». Однако сам этнос менее подвержен этим изменениям, так как его базой является самая консервативная составляющая культуры. Предложенная гипотеза природы этнического позволяет в определенном смысле решить сложную проблему этногенеза, укладывающуюся в рамки накопленного современной наукой материала. Действительно, сама природа этнического связана с миром культуры, присущим только человеку как деятельному существу. Именно мир культуры обуславливает различные поведенческие стратегии человека, ибо последний не обладает генетически заложенной жесткой системой поведения. Специфичность человека состоит в том, что он является универсальным существом в отличие от животных с присущей им специализацией. Это дает ему возможность освоить различные поведенческие стратегии, что позволяет ему выжить в изменяющихся условиях и адаптироваться к динамичному миру.

Возникает вопрос, каким образом человек на заре антропогенеза осваивал стратегии поведения, необходимые для его жизнедеятельности? Известно, что на ранних этапах становления человека и общества социокультурная эволюция как бы совпадает с биологическими закономерностями, присущими миру животных. У животных имеется исследовательский рефлекс, человек же представляет собой в определенном аспекте тоже животное и на раннем этапе становления общества он подражал животным. Пове-

дение животных формировалось и шлифовалось в ходе эволюции, то есть оно является адаптивным; человек осваивал адаптивные формы поведения, подражая прежде всего животным (и растениям), что помогало ему выжить. Возникает тотем — «учитель жизни» (животное или растение), чьей поведенческой стратегии подражали индивиды («люди леопарда», «люди муравья» и т. д.). Не исключено, тотемическое мышление может объяснить генезис изобразительной деятельности и абстрактного мышления человека. В данном случае трудовая теория проявляет свою слабость: простейшие трудовые операции, связанные с изготовлением примитивных орудий, не требовали такого избыточного развития мозга человека. Для адаптации и выживания на уровне охотничьей деятельности достаточно было иметь остро отточенные камни — имитаторы когтей и клыков хищников. Первоначально люди, вероятно, старались внешне копировать тех животных, чьи качества казались им привлекательными, на которых они хотели походить (достаточно вспомнить «людей леопарда» наших дней). История первобытной культуры показывает факты социально-психологической ассоциации и до сих пор наблюдающиеся у народов, которые находятся на сравнительно невысокой ступени экономического развития. Так, первобытный человек украшал себя когтями и шкурой убитого им свирепого медведя, поскольку когти и шкура животного ассоциировались у него с представлением о ловкости, храбрости и силе добывшего их охотника и служили как бы символом этих качеств. Затем они стали изготавливать тотемы — предметы, обозначающие не только конкретных животных, но и, самое главное, те качества, те поведенческие характеристики животного, которыми оно обладает и которые значимы для адаптации и выживания человеческого сообщества. Ведь важную роль в формировании этнической психологии играют законы подражания. Свойственное человеку стремление к подражанию накладывает несомненный отпечаток на его психику, о чем писали в своих трудах *Г. Тард*, *Г. Плеханов*, *В. Бехтерев* и др.

Можно утверждать, что тотем является первым многозначным символом, «духовным», а не физическим предком той или иной человеческой общности. Тотем как учитель жизни выступает культовой фигурой. Видимо, так он и воспринимался в архаическую эпоху, о чем свидетельствует

ритуал поедания тотема во время инициации. Тотемом могло быть любое животное или растение (сосна, дуб, волк, заяц и пр.), «поведению» которого подражали. Животные дают образцы как агрессивного, так и альтруистического поведения. Люди, избравшие стратегию поведения зайца или муравья, сделавшие их своим тотемом, естественно, станут более миролюбивыми, нежели те, которые изберут своим тотемом хищника. Первые этнические общности — сообщества людей, поклоняющихся одному тотему и «делающих жизнь» с него, что дает их членам чувство единства «мы», тогда как те, у кого другие тотемы, воспринимаются как «чужие» («они»). Первые элементы этнического характера, представляющие собой построенные на подражании тотему стереотипы поведения, являются моральными — из запрета убийства тотемного животного следует запрет убивать «своего». На высоком уровне развития общества и соответственно абстрактного мышления перед нами этические ценности, кодексы этического поведения, присущие той или иной этнической культуре. В данном случае можно объяснить первые этические кодексы как системы табу, когда добро — это то, что способствует выживанию той или иной общности («мы»), зло — то, что вредит жизнедеятельности этого сообщества. На основе принципа «полезно — вредно», приобретенного этнической группой в результате подражания тотему и передаваемого не генетически, как у животного, а в знаково-символических формах культуры, вырастают адаптивно-преобразовательные стратегии поведения, абстрактное мышление, изобразительная деятельность и моральные категории.

Нейтральные раздражители могут становиться ценностями в процессах расширения «информационного горизонта» человека, что ведет к усложнению символизма, активизирует способность к символотворчеству. Благодаря этому одновременно развивается человеческий мозг и этническая культура. Человеку на ранней стадии становления общества пришлось в превращенных формах культуры обозначать элементы адаптивного поведения животных для закрепления их в «социальной памяти», которая дополняет ему генетическую память. Приобщение к тотему в ходе инициации тождественно приобщению к знаниям, полезным для выживания и способствующим сплочению человеческой общности, имеющей этнический характер. Таков

в общих чертах процесс этногенеза, который дает возможность понимания сущности этнических процессов как в исторической ретроспективе, так и в перспективе. Понятно, что перед нами одна из гипотез, которая пытается решить проблему этногенеза.

1.3. Культурогенез

Весьма интересной проблемой современной науки, которая до сих пор не имеет своего четкого решения, является проблема происхождения культуры. Имеется целый ряд гипотез, объясняющих возникновение присущего только человеку феномена. Прежде всего следует отметить концепцию адаптивного характера генезиса культуры. Американский ученый Э. Харт прослеживает историю возникновения человека и смену его форм от австралопитека до «гомо сапиенс» и отмечает, что вся история «гомо» была историей культуры, сменившей в конце концов историю биологической эволюции. Культура же обязана своим существованием и своей историей способности человека приспособляться к любым меняющимся условиям, которая сама есть чисто человеческая черта. Э. Харт называет ее **«прометеевским геном»**, приобретенным человеком в результате трехкратного увеличения его мозга по сравнению с предком. Культура передается не путем биологического наследования, а при помощи коммуникации между поколениями.

Если рассматривать нашу планету как всеохватывающую систему, то правомерна предпринимаемая сейчас попытка понять культуру с биосферной точки зрения, то есть следует учитывать тот момент, что культурогенез естественным путем вытекает из биологической эволюции. В биологии различают два вида знаний о внешнем мире — знание видов собственной экологической ниши и знание им соседних ниш; причем в ходе эволюции биосферы некоторые сложные надклеточные структуры, обладающие высокой эволюционной пластичностью, смогли быстро проникнуть в другие адаптивные зоны. Именно человеческий вид сумел совершить прорыв в новую адаптивную зону и благодаря культуре, внутри себя дифференцируемой на различные виды культур, получить представление о биосфере

в целом, что позволяет человеческому виду выжить в изменяющейся среде, приспосабливаться к ней.

В настоящее время вполне утвердилось представление об аналогии культур (хотя и на ином уровне) процессу биологической эволюции. Нельзя не согласиться с высказыванием американского культуролога *П. Рикс-Марлоу*, что «подобно биологическому виду, каждый вид культуры следует рассматривать как уникальную хронику попыток приспособиться к вечно изменяющейся окружающей среде, и приобрести в ней энергетические преимущества над другими». Такой научный подход в области изучения культуры признают столь разные мыслители, как *Лоренци*, *Скиннер*, *Докинз* и *Эрикссон*: он обладает большим эвристическим потенциалом.

Этот подход показывает, что культурогенез связан с эволюцией мозга гоминид, достигшего наибольшего объема у человека. Эволюцию мозга гоминид в плейстоцене следует считать весьма особым процессом, по крайней мере, по двум причинам. Во-первых, в связи с ее темпами: это был один из наиболее быстрых, наиболее бурно протекающих процессов макроэволюции в истории позвоночных, если не в истории животного мира вообще. Во-вторых, в связи с его феноменальными последствиями этот процесс привел к возникновению уникального в животном мире биосферы явления, каковым является человеческая психика, неотъемлемая от культуры. Поэтому возникает проблема объяснения особенностей психики человека и соответственно культурогенеза.

Заслуживает внимания стохастическая модель культурогенеза, выдвинутая одним из тончайших мыслителей XX века *С. Лемом*: в ней речь идет о физических, биологических и социальных детерминантах культуры. Согласно этой модели, исходящей из понимания культуры как игры, культура возникает потому, что Природа является «ареной» возмущений и неалгоритмических (непредсказуемых) изменений. Эволюция — это непрерывный процесс, причем каждая эволюционная стратегия является одновременно неопределенной и компромиссной. Компромисс, продиктованный неопределенностью **видовых** решений и тенденцией к минимизации, которая **навязана** отбором, осуществляется в рамках биполярной **альтернативы**. Организмы могут «воспринимать» **изменение условий среды** как переходное

или как длительное, при этом различие между флуктуацией и стационарным состоянием невозможно провести. Вот почему они реагируют на изменение обратимым способом (фенотипически) либо необратимым (генотипически). В первом случае стратегия организмов имеет этот плюс, что позволяет отказаться от принятого решения, однако адаптивная пластичность фенотипов имеет границы: при их переходе наступают необратимые генотипические изменения. Второй случай привлекает тем, что генотипические изменения дают возможность совершить переход в масштабе от клона до человека, но они запрещают «пересмотреть» принятые решения. Тот же клон в отличие от смерти может «войти» при неблагоприятных условиях в состояние обратимой смерти, образуя стабильную фигуру.

А ведь эволюционный процесс является одновременно приобретением и потерей, риском и выигрышем. Как же решает эту дилемму эволюция? Она применяет особый прием, называемый нейтрализацией организмов: находясь в клещах фенотипической недостаточности и генотипической необратимости, эволюция находит новый компромисс — создает организмы, сильно детерминированные генотипически, но весьма пластические фенотипически. «Этим компромиссом и является, — пишет *С. Лем*, — мозг, ибо он, обусловленный генотипически, усиливает фенотипическую адаптивность». Именно мозги человеческих индивидов создают культуру как стратегию выживания, когда вид «гомо» может менять стратегии, не теряя при этом своей генотипической идентичности.

На антропологическом уровне стратегические решения «принимаются» уже не в среде наследственного материала, а в культурной системе. Культура делает возможным то, что биологически невозможно — создание стратегий одновременно революционных и обратимых, то есть дающих возможность пересматривать решения и преобразовывать среду в темпе, недостижимом для наследственного материала. Ведь происходящая в этом наследственном материале дифференциация требует миллионов лет. По меньшей мере миллион лет потребуется для эволюционного упрочения нового биологического вида. В культуре специализация (дифференциация) происходит максимум за тысячу лет, а когда культурогенез ускоряется, тогда для самых крупных стратегических преобразований достаточно не-

сколько десятков лет. Такого рода миллионкратное ускорение темпов эволюции на нашей планете порождает различного рода опасности и никого винить в этом нельзя, ибо в соответствии с правилами теории игр и теории нелинейного программирования эволюция сделала все, что было в ее силах.

Культурогенез связан со стохастичностью мира и существованием в нем бифуркационных механизмов, связанных с неопределенностью мирового эволюционного процесса. Биосфера в своем развитии породила человека с его культурой и обществом. Ее место в глобальной эволюции *Н.Н. Моисеев* определяет следующим образом: «На некотором этапе развития Вселенной как единой системы она начала с помощью человека, его Разума познавать себя и обрела способность целенаправленно влиять на ход собственного развития».

Становление культуры (культурогенез) является результатом необратимой эволюции биосферы, длительного процесса взаимовлияния биологической и социальной эволюции, причем именно человек выступает единственным субъектом культуры, одновременно творя ее и формируясь под ее воздействием. Мир культуры тесно связан с процессом гоминизации, с процессом перехода от животного к человеку, одним из аспектов которого является переход от определенных инстинктивных, рефлекторных реакций животного на мир к неопределенности человеческого знания, на что обращается внимание в еще одной интересной гипотезе. Действительно, животное обладает инстинктами, связанными с научением, регулирующим его поведение в каждый момент жизни. Исследования в области этологии показывают, что поведение одних животных, живущих в относительно стабильной и неизменной среде, в основном заранее запрограммировано, следует строгому шаблону, тогда как поведение других животных в условиях изменяющегося окружения требует отклонения от стандарта и выбора нескольких поведенческих альтернатив. Можно сказать, что у животного мир восприятия и мир действий (поведения) сопряжены. У человека же эти два мира опосредованы миром социальной истории, и в связи с этим только человек находится зачастую в ситуации, когда он действительно не знает, что должен делать. Таким образом, у человека возникает потребность в принятии надеж-

ного решения и определения этой надежности. Именно эта потребность и лежит в основе культурогенеза (происхождении мифологии, религии, искусства, науки и пр.), когда в распоряжении человека оказывается арсенал разнообразных физических и духовных техник.

Только культура дает человеку возможность строить свое поведение на основе предсказания будущих, еще не существующих событий при помощи различных стратегий. Культура имеет люфт (полосу свободы) в отношении Природы, что объясняет существование чисто культурно изменяемых форм и смыслов. Об этом С. Лем пишет так: «Стохастическая модель культурогенеза предполагает, что полоса свободы, которую мир оставляет в распоряжение эволюционирующего общества, уже выполнившего долг адаптации, то есть набор непрременных заданий, заполняется комплексами поведений, поначалу случайными. Однако со временем они застывают в процессах самоорганизации и перерастают в такие структуры норм, которые формируют внутрикультурный образец «человеческой природы», навязывая ему схемы долженствований и повинностей. Человек (особенно в начале своего исторического пути) вращается в случайности, которые и решают, каков будет он и его цивилизация. Отбор альтернатив поведения — в сущности лотерея; но это еще не значит, что столь же лотерейна композиция того, что получится». Иными словами, человек в исходной точке является аксиологически нейтральным существом, и станет ли он «чудовищным дикарем» или «невинным простаком» зависит от кода культуры, который различен в разных цивилизациях. Ведь коды, или языки культур, коррелируют и стабилизируют поведение социальных организмов, выражают культурные смыслы и показывают степень соизмеримости и несоизмеримости культур и цивилизаций. Коды культур неразрывно связаны с особенностями той или иной цивилизации, что требует выяснения генезиса и сути цивилизации.

1.4. Появление цивилизации

При рассмотрении проблемы генезиса цивилизации необходимо учитывать момент сопряженности понятий «цивилизация» и «культура». Не следует забывать и того, что

эти понятия относятся к числу необычайно емких и многозначных, что для них характерно многоцветье. В связи с этим становится понятным многообразие в науке представлений о цивилизации и культуре, о соотношении между ними, а следовательно, и различие в интерпретации исторических процессов. Для наших целей наиболее точно будет использование наиболее устойчивого терминологического статуса слова «цивилизация», а именно: «Цивилизация как социокультурная общность, формируемая на основе универсальных, то есть сверхлокальных ценностей, получающих выражение в мировых религиях, системах морали, права, искусства». Основное здесь состоит в том, что культура выступает компонентом цивилизации, что культурная эволюция в условиях первобытной жизни привела к возникновению цивилизации.

Исследования древнейших цивилизаций Старого и Нового Света дали основания отечественному ученому *В.М. Массону* сделать вывод о том, что «с точки зрения культурогенеза сложение цивилизации можно рассматривать как своего рода культурную революцию, находящуюся в теснейшей причинно-следственной связи со становлением классового общества и государства». Эта культурная революция произошла благодаря внутренней дифференциации культуры и появлению культурных инноваций, а также кризису в развитии первобытного, или «примитивного» (*А. Тойнби*), общества. Именно культурные инновации, каково бы ни было их происхождение, придали принципиально новый облик первым цивилизациям, интегрировались в них. В итоге с момента своего появления цивилизация становится способом бытия культуры, то есть развитие и функционирование культуры становится возможным только на основе цивилизации, и поэтому в определенном смысле понятия «цивилизация», «высшая культура», употребляющиеся в культурологической литературе, тождественны. Во всяком случае, несомненно одно: понятие цивилизации связано в одном из своих аспектов с фиксацией качественного перелома в истории человеческого общества.

Иное дело, что не существует единой точки зрения на природу генезиса первых цивилизаций — перед нами разброс различных мнений. Так, *А. Тойнби* считает, что «независимые» цивилизации представляют собой результат мутации «примитивных» обществ. Причем он происходит

из значимости мимесиса (подражания) в примитивных обществах и цивилизациях; в первых мимесис ориентирован на прошлое, на обычай, тем самым консервируя общество и придавая ему статичную форму, во вторых мимесис связан с будущим, стимулирует деятельность творческих личностей, динамизируя общество. «Динамическое движение, — пишет А. Тойнби, — характерно для цивилизации, тогда как статичное состояние свойственно примитивным обществам. Однако, если спросить, является ли это различие постоянным и фундаментальным, ответ будет отрицательным. Все зависит от времени и места». Иными словами, раскрыть причины происхождения цивилизации А. Тойнби до конца не удалось, хотя определенные моменты им схвачены верно, а именно: происхождение первичных цивилизаций — результат мутации примитивных обществ, связанной с трансформацией в функционировании социальной памяти. Это интересно и заслуживает внимания, однако все же неясно, почему же примитивные общества преобразовались и превратились в цивилизации, а также не выяснен механизм процесса генезиса цивилизации, названный известным археологом Г. Чайлдом «городской революцией», что подчеркивает революционизирующую роль этого важнейшего качественного скачка в истории развития человеческого общества.

Современная наука располагает данными, которые свидетельствуют о том, что эта «городская», или «вторая», революция сама является производной от предшествующей ей неолитической революции, подготовившей материально-технические предпосылки «городской революции». Неолитическая революция, произошедшая в X—III тысячелетии до н.э., представляет собою переход от собирательства и охоты к земледелию, к воспроизводящему хозяйству. Уже тот факт, что мы не знаем ни одной цивилизации, возникшей на базе охоты и собирательства, а также то, что древнейшие цивилизации складываются на базе очагов древнейшего интенсивного земледелия, позволяют сделать вывод, что цивилизация — продукт производящей системы хозяйствования и поэтому проблема генезиса цивилизации — это, в первую очередь, проблема генезиса земледелия как качественно новой по сравнению с охотой бытия «родовых сущностных сил человека» (К. Маркс).

Именно «аграрная революция» привела к изменению человека — на земледельческой основе выросли цивилизации и города. Их признаки *Г. Чайлд* перечисляет в следующем порядке: 1) поселения с большим и плотным населением; 2) специализация ремесел и труда; 3) концентрация богатств; 4) монументальная общественная архитектура; 5) общество, построенное на классах; 6) письмо и системы исчисления; 7) зарождение науки; 8) высокие стили искусств; 9) обмен на большие расстояния; 10) возникновение государств. Эти признаки и показывают характер изменения поведения человека; перед нами коренное преобразование в развитии человечества. Нельзя не согласиться с высказыванием *Н.Н. Муссеева* о двух бифуркациях (перестройках) — мезолитической и неолитической революции: «В результате первой произошло затухание внутривидовой борьбы и естественного отбора, характер эволюционного процесса коренным образом изменился: чисто биологическая эволюция уступила место эволюции общественных форм бытия человека. В результате второй возникла частная собственность, и снова качественно изменился характер эволюции, но теперь уже самого общества. Иными стали общественные отношения — появились новые стимулы его развития. В обоих случаях произошло резкое ускорение всех процессов развития».

По мнению других исследователей (*В.Л. Глазычев* и др.), представление о неолитической революции как о переходе от одного качественного состояния общества к другому характеризует необходимое, но недостаточное условие генезиса цивилизации. Необходимо принимать во внимание инновационную деятельность и соответствующий ей механизм социальных санкций. Такой подход дает возможность отказаться от сосредоточения внимания на предметных признаках цивилизации, перечисленных выше. Нам известны цивилизации, в которых не было укрепленного города, противостоящего деревне (Древний Египет); цивилизации, в коих ни военная, ни религиозная власть не сумели выиграть в борьбе за монополию и на первый план выступает классово детерминированная правовая организация (Месопотамия), тогда как в других право не обособляется до его позднего и насильственного привнесения извне (Древний Египет). Известны также цивилизации, где сословная иерархия не была связана с частной собствен-

ностью (Иранская империя) и не сложилась письменность «классического» типа и т. д. В данных случаях предметные признаки не «срабатывают» в качестве критерия. Генезис цивилизации вполне объясним прежде всего обособлением инновационной деятельности и вычлениением того или иного социального механизма воплощения инноваций на практике. В рамках изложенного подхода делается вывод, что «цивилизацию определяет фаза существования культуры, отмеченная ставшими формами обособления деятельности по производству и внедрению инноваций во всех видах материального и духовного производства». Излюбленная писателями-фантастами ситуация передачи инновационной деятельности внечеловеческому разуму означает конец существованию таким образом понятой цивилизации.

В специальной литературе высказывается мнение, отождествляющее возникновение первых, или первичных, цивилизаций с первыми городами. Это основано на том, что в эпоху существования родовой общины городов попросту не могло быть и их действительно не было, несмотря на существование у общины своеобразной сложно-иерархической организации. Отечественные ученые *В.В. Вербовский* и *В.А. Капустин* считают, что «цивилизация является результатом разделения труда между крестьянином, ремесленником, купцом, воином и жрецом, результатом обмена между трудовыми сословиями крестьян и ремесленников, на основе которого рождаются нетрудовые сословия купцов, воинов и жрецов». Логика рассуждения здесь такова: город есть порождение радикального изменения первобытного способа производства и следующего из этого не менее коренного изменения формы разделения труда. Начинает развиваться товарное производство, появляется избыточный продукт, который служит основой возникновения первого нетрудового сословия — купечества, на чьи торговые доходы формируется город с храмами, мощеными улицами, водопроводами и пр.

Однако процесс обогащения одних сопровождается обеднением других, происходит поляризация богатства и бедности. И если одни из бедноты обслуживают богатых, то другие скатываются на социальное дно. В итоге появляются такие непеременные атрибуты цивилизации, как «нищий, проститутка и вор». Чтобы оградить свое богат-

ство, купец создает полицию; для его защиты на караванных путях организуется охрана. Но богатство вызывает алчность и у целых народов (достаточно вспомнить викингов, монголов и др.)> которые совершают опустошительные набеги на города. С необходимостью появляются и армии, состоящие из хорошо обученных военному делу профессиональных воинов. Возникает сложная иерархия города — купечество, верхушка воинства, сфера обслуживания купечества и воинства, городской плебс; она нуждается в системе управления, которую и берут в свои руки жрецы. Ведь исторически сложилось так, что жречество — это не только религиозная корпорация, но и институт хранения и умножения знания, и орган управления. В результате появляются классы и государство, культура расслаивается на профессиональную и люмпенскую. Таким образом, цивилизация рождается и развивается благодаря производству прибавочного продукта, прибавочному труду, создающему общественное богатство и город.

Свою схему генезиса первичных цивилизаций предлагает и крупный востоковед *Л.С. Васильев* в своей монографии «Проблемы генезиса китайской цивилизации». Он представляет процесс эволюции человека и его культуры в виде своеобразной многоступенчатой пирамиды. Нижний ярус — это эпоха верхнего палеолита, в рамках которой эволюционируют многочисленные орды, стремящиеся подняться на следующую ступень пирамиды, символизирующую эпоху мезолита. В силу ряда благоприятных условий (теплый климат, обилие пищи и пр.) некая серия взаимодействующих орд прорывается в мезолит. Другие же этого не успевают сделать, они оттесняются, ассимилируются и уничтожаются (подобно вымершим тасманийцам).

Такая же картина наблюдается при попытке продвигнуться со второй ступени на третью. Некоторые сильно продвинутые вперед мезолитические культуры воспользовались инновациями неолита, чтобы занять лучшие для земледелия места и начать быстро распространяться по ойкумене. Возникает сложная и пестрая картина населения ойкумены, включающего в себя передовых и несколько отстающих земледельцев, племен с развивавшимся скотоводством, неземледельческих племен, знакомых и не знакомых с комплексом неолитических инноваций. В ходе культурных контактов эта пестрота подвергалась нивели-

рованию, но с течением времени действие этого механизма замедлилось.

И наконец, четвертая ступень пирамиды — это генезис очагов первичных цивилизаций, где действовал тот же принцип. Но здесь имеется своя специфичность: «Процесс генезиса цивилизации, который более всего может быть уподоблен мутации, отличался тем, что основное направление развития данного первичного очага цивилизации шло не вширь, как это бывало прежде, а вглубь». Иными словами, роль внешних контактов становится меньше, значимая роль отводится внутреннему развитию (в некоторых случаях возникают замкнутые цивилизации). Сами же очаги первичных цивилизаций (месопотамский и др.) оказали воздействие на генезис новых очагов цивилизации посредством таких важнейших импульсов эволюции, как миграции, диффузия культурных инноваций и конвергентное (самостоятельное) развитие техники и культуры в рамках данной общности, что привело к многообразию путей развития цивилизаций, членению мирового культурного континуума на ряд альтернативных цивилизаций.

И наконец, коснемся еще ряда необычных, экстравагантных гипотез происхождения первых цивилизаций на нашей планете. Одна из них выдвинута *Л.И. Гумилевым*, который в ходе исследования генезиса различных этнических культур обратил внимание на значимость в этом процессе «пассионарности», или страсти, — избытка энергии живого вещества, определяющей способность человека к сверхнапряжению. Следует иметь в виду, что источник этой пассионарности находится за пределами Земли, в космосе. Остается неотброшенной одна гипотеза — варибельное космическое облучение. Пока она не может быть строго доказана, но зато не встречает фактов, ей противоречащих. Развитие цивилизаций зависит от пассионарных толчков, генерируемых как многолетней вариацией солнечной активности, так и вспышками сверхновых звезд, зафиксированными в древности и средневековье.

Еще одной гипотезой о космическом происхождении человеческой цивилизации является версия *Э. фон Дэника*, получившая всемирную известность. На протяжении последних трех десятилетий его книги и фильмы привлекают к себе внимание читателей и зрителей всего мира. В них доказывается, что все земные цивилизации были со-

зданы инопланетянами — для этого используются фотографии и киноматериалы, которые сняты в Египте и на острове Пасхи, в Перу и Мексике, а также во многих других странах. Аргументы Э. фон Дэникена кажутся неотразимыми, когда речь идет о строительстве пирамид и других циклопических сооружений в Древнем Египте, Центральной и Южной Америке, исполинских статуй на острове Пасхи, громадных сооружений в Баальбеке и пр. Однако экспериментальная археология позволила обосновать положение о том, что гигантские пирамиды и крепости, мегалиты и колоссальные скульптуры были созданы древними людьми благодаря их изобретениям. Тем не менее гипотеза Э. фон Дэникена свидетельствует о том, что происхождение и развитие цивилизаций невозможно однозначно объяснить на основе имеющихся материалов.

Своеобразную гипотезу о генезисе первых цивилизаций выдвинул отечественный историк *Ю.В. Емельянов* на основании анализа миграций животных по трансконтинентальным магистралям. Существенным здесь является утверждение «о роли водоразделов, которые могли служить сухопутными тропами для древних животных, а затем и для преследовавших их охотников». Именно обильные места охоты являются очагами первых цивилизаций, таковыми выступали трансконтинентальные сухопутные тропы. Это предположение можно считать тем «недостающим звеном» в цепи аргументов, при помощи которых стремятся добиться более полного и верного объяснения происхождения первых цивилизаций. Рассмотренный спектр гипотез о происхождении цивилизаций свидетельствует о сложности данной проблемы, что объясняется еще и отсутствием разработанной теории цивилизации.

I Генезис и сущность сознания

ЕДИНСТВО человека с биосферой является несомненным. В человеке тенденция совершенствования нервной системы (мозга) животных достигла своей вершины, он стал носителем Разума (или интеллекта) — способности мозга обрабатывать информацию, создавать алгоритмы, мыслить абстрактно и рефлексировать, то есть видеть себя со сто-

роны. Подобно возникновению жизни появление Разума на нашей планете представляет собой естественный и закономерный этап в ее космической эволюции. Появление человеческого Разума предопределяет коренной перелом в развитии материи, ибо она получила возможность познавать саму себя. В этом плане человек представляет собой уникальное существо, использующее целый ряд адаптивных и преобразовательных стратегий. В целом можно утверждать, что Разум, память, общественная организация и духовный мир как воля — необходимые параметры в эволюции человека и соответственно в эволюции биосферы, в результате чего возникла и стала развиваться ноосфера. В связи с этим возникает вопрос: каким образом в биологической эволюции нашей планеты у предка человека современного типа возникли качественно новая память, чисто человеческий интеллект, или человеческое сознание как новая форма отражения мира? В общем виде ответ на этот вопрос уже дан в философской и специальной литературе: вовлечение предков человека в сферу труда привело к тому, что способ производства материальных благ стал специфическим способом существования человека, что в едином процессе преобразований изменилась биология предков человека, сформировалась полноценная речь, сознание, интеллект, духовный мир. Но ответ в общем виде уже давно не удовлетворяет потребности в выяснении генезиса сознания человека, так как развернувшиеся процессы в мире и нашей стране настоятельно требуют более конкретных выводов. Отраднo, что исследования в различных областях научного знания начинают приносить ценные результаты, которые при соответствующей интерпретации проливают свет на происхождение сознания человека.

Такие надбиологические феномены, как труд (понятно, что бессознательно-рефлекторная строительная деятельность некоторых животных отнюдь не есть труд), социальная связь и сознание, которое неотделимо от языка как изначально социального явления, невозможно вывести прямо антропогенетическим путем из биологии. Как известно, труд представляет собой целесообразную деятельность, это значит, что «в конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса имелся в представлении человека, то есть идеально» (*К. Маркс*). Другими словами, сознание предшествует труду; аналогичная

картина и с обществом. Как целесообразная деятельность немыслима без сознания, так и сознание предполагает в качестве предпосылки социальную связь людей, основанную на трудовой деятельности. Получается, что все три стороны собственно человеческой реальности — сознание, общество и труд — взаимно предполагают друг друга, получается своего рода замкнутый круг. Возникает вопрос об их исходном единстве — их общем корне, уходящем в биологию предка человека.

Оригинальное решение этого вопроса предлагает отечественный философ *Ю.М. Бородай*, занимающийся исследованием проблемы происхождения и функционирования человеческого воображения. Он исходит из фундаментального открытия *И. Канта*: человеческое сознание начинается с произвольного (продуктивного) воображения, причем многочисленные исследования свидетельствуют о том, что как раз воображение служит «пусковой пружиной» подавляющего большинства психических процессов человека, в том числе и мыслительных актов. Следовательно, выяснение происхождения воображения означает фактически получение ответа на вопрос: как и почему возникает сознание, психика человека. Исток воображения и следует искать в биологии, а именно: в биологической эволюции некоторых видов приматов. Их эволюция зашла в тупик непреодолимого противоречия между сексуальными побуждениями и инстинктом самосохранения в сообществах эротически возбужденных и уже вооруженных примитивными орудиями хищников, которые прекрасно владели навыками убийства себе подобных.

Для большинства приматов-конкурентов любая попытка внешне проявить свои напряженные сексуальные побуждения была равносильна самоубийству. Она подавлялась путем идеального воспроизведения всего комплекса половых действий в фантазии, последняя же стимулирует холостой оборот физиологической системы, возможность которого обусловлена именно половым инстинктом. Здесь перед нами произвольное (хаотическое) воображение или так называемое акустическое мышление, когда происходит прорыв подчиненного автоматизму рефлекса жизнедеятельности приматов. Произвольное воображение представляет собой реакцию не на внешний стимул, а «реакцию на отсутствие», по определению французского психиатра *П. Жане*.

В данном случае осуществляется возрождение первичного биологического произвольного самодвижения на уровне нервной деятельности, управляющей моторикой. В конечном счете давление половой потребности у приматов получает биологическое эрзац-разрешение, тогда как страх смерти с необходимостью требует заменять поллюцией реальный половой акт, что влечет усиленную работу воображения (акустического мышления).

Выдвинутое предположение находит свое подтверждение в современной теории антропогенеза, утверждающей, что именно жесточайшее самоподавление всех проявлений эротики и неразрывно связанной с ними агрессивности лежит в основе возникновения собственно архаических форм человеческого сообщества — первых тотемных форм экзогамии с присущими им моральными табу. В основе же системы нравственных запретов лежит совесть, которая, как уже было показано в свое время *И. Кантом*, прямо связана с воображением. Механизм совести, как известно, состоит в том, что происходит прорыв рефлекторного автоматизма реакции благодаря способности представления в идеальном плане возможных, в том числе и негативных последствий того или иного поступка, **действия**.

Такого рода «проигрывание» в сознании **сценария** возможных отрицательных последствий, вытекающих из удовлетворения некоторых своих животных вожелений, диктует с необходимостью наложения на них нравственных запретов, системы табу. В своем исходном состоянии сознание является (речь идет о приматах, давших начало роду человеческому) просто произвольным воображением ситуаций, которых еще нет здесь и теперь. Эти идеальные образы (будущие ситуации) стимулируются не извне, а изнутри. Возникшее сознательное целеполагание прорывает автоматизм рефлекторной деятельности приматов и формирует новые способы поведения в сообществе — нравственные табу. Систематическое подавление мощных биологических побуждений влечет за собой еще более сильное развитие воображения как идеальной компенсации неудовлетворенных физиологических желаний. Это развитие мира воображения осуществляется в основном путем сублимации (вытеснения) эротической энергии в формы ритуалов и культов архаического общества, кристаллизуясь посте-

пенно в разнообразные абстрактные культурные ценности. Именно эти системы культурных ценностей выступают для человека средством преобразования своего естества и окружающего мира. Представленная концепция возникновения и развития произвольного воображения дала возможность *Ю.М. Бородаю* вполне удовлетворительно объяснить антропогенез, вскрыть биологические истоки труда, социальной связи и сознания как взаимосвязанных надбиологических феноменов.

Действительно, возникновение воображения, сознания и совести изнутри нервной системы наших антропоидных предков связано с нелинейной природой биологических систем (каковыми являются организмы, популяции и биосфера в целом), с их самоорганизацией и саморазвитием. Достаточно вспомнить, что практически все религии мира обращают внимание на совесть как на феномен, который произрастает изнутри духовного мира человека. В целом же следует отметить, что в антропогенезе произошло кардинальное изменение степени значимости различных функций центральной активности наслаждения (само собой понятно, что эротического наслаждения) и поведенческого выражения. Вполне естественно замечание крупнейшего западного философа XX века *А. Уайтхеда* о том, что главным фактором человеческой духовности служит концептуальное постижение неосуществленных возможностей. В ходе антропогенеза вытеснение биологического потенциала эротической энергии в сферу воображения приводит к новизне переживания невыраженных возможностей. Именно здесь был заложен фундамент для приращения концептуального опыта человечества, ибо концептуальное (воображаемое, идеальное, мысленное) переживание того, что может быть, и того, что могло бы быть, ведет к постижению альтернативы, которое в своем высшем развитии становится постижением идеала. Это значит, что в акте переживания на мир чувственных вещей накладывается перспектива: перед нами чувство значимости или интереса, неотъемлемое от самого существа животного опыта. Чувство значимости имеет такие разновидности, как нравственное чувство, мистическое чувство религии, чувство утонченной гармонии (чувство красоты), чувство необходимости взаимосвязи (чувство понимания) и чувство различия отдельных факторов мира, каковым является сознание.

Переход чувств такого широкого диапазона в выражение характеризует историю человечества, отличая ее тем самым от животного поведения. Поэтому человека определяют как историческое существо, нацеленное на будущее, как существо, делающее выбор среди существующих альтернатив. Ведь сама трудовая деятельность предполагает наличие альтернатив, что требует принятия решений, осуществление выбора. В итоге появляются новые альтернативы и новые решения, их наслоение и переплетение определяют альтернативную организацию общества. В практической, трудовой, политической и другой деятельности все акты, по существу, являются основанными на альтернативных решениях. Таким образом, человек не просто живет отпущенный ему век, но в связи с другими людьми творит, формирует условия своего существования, творит свое сознание.

Сознание человека обладает такими фундаментальными параметрами, как целеполагание и воля, память и внимание, разумная речь и абстрактное мышление. Они представляют собой нервную деятельность, однако не рефлекторную, а самопроизвольную, которая связана со становлением человека в процессе гоминизации (перехода от животного к человеку). Исследования показывают, что количество информации, содержащейся в генетическом материале, и количество информации, заключенной в мозгу, с ходом эволюции увеличивалось, что эти траектории пересеклись в точке, соответствующей времени в несколько сот миллионов лет и информационной емкости в несколько миллиардов лет. Где-то во влажных джунглях каменноугольного периода появилось животное — примитивная рептилия, у которого впервые за все время существования земной биосферы имелось больше информации в мозгу, чем в генах. Эта рептилия не очень разумна, однако ее мозг представляет собой значительный поворотный момент в истории земной жизни. Два последующих скачка в эволюции мозга связаны с возникновением млекопитающих и появлением человекоподобных приматов. В связи с этим *К. Саган* подчеркивает, что «основную часть истории жизни со времени каменноугольного периода можно назвать постепенным (и, конечно, неполным) торжеством мозга над генами».

В ходе последнего появился качественно новый принцип морфофункциональной организации мозга челове-

ка, или «специфическая морфофункциональная система» (СЧМФС). Существенной функцией СЧМФС является то, что она дает возможность для восприятия, хранения, переработки и извлечения в нужный момент социально значимой информации. В этом смысле она является морфо-логическим субстратом для разворачивания социального наследования, для формирования социокодов, соответствующих потребностям той или иной общественной системы. Эволюция человека стала идти по иным каналам — каналам социума, социального организма, который уже не поддается пониманию исключительно с точки зрения естествознания. Одним из таких каналов является система нравственных табу, положившая начало общечеловеческим ценностям. Таким образом, СЧМФС сыграла свою роль в возникновении целостной человеческой реальности (сознание, социум и труд), в превращении биологических структур в социальную структуру. Человек по мере развития общества стал частью некой общей единой системы, с которой он находится в неразрывной связи — с ноосферой, окончательно сформировавшейся в XX веке. Тем не менее проблема происхождения сознания человека до сих пор не решена до конца, ибо в научных дисциплинах нет состыковки в понимании природы человека и не решен целый спектр вопросов, связанных с проблемой сознания человека.

В связи с бурным развитием информационных, компьютерных, виртуальных, генных технологий сейчас необычайно усилился интерес к выяснению природы сознания в ее полноте. В современном поле исследований сознание определяется как «способность человека оперировать образами окружающего мира, которая ориентирует его поведение; субъектная, внутренняя жизнь индивида» (Ю.Г. Волков). Само сознание является наиболее таинственной «вещью» в мире на данный момент, потому что до сих пор нет ответа на следующие вопросы: Почему оно существует? Что оно делает? Как оно могло возникнуть на основе биохимических процессов мозга? Именно эти вопросы вызывают у ученых наибольший интерес, и поэтому на протяжении многих лет проблема сознания освещалась только в научных работах, изучающих мозг и разум. И несмотря на усилия исследователей, проблема сознания остается «вещью в себе» в силу своей необычайной сложности. Существует

бесчисленное число точек зрения относительно природы сознания — от позиций тех, кто утверждает, что источник сознания человека находится вне его (им является высшее «Я»), до теорий, в соответствии с которыми сознание может быть объяснено стандартными методами нейрофизиологии и психологии.

В этом плане примечательна модель внутреннего космоса (психики, сознания в широком смысле этого слова) человека, созданная зарубежным ученым *Р. Ассаджолли*, который использует представления высоты и глубины, чтобы четко сформулировать спектр возможностей для самотрансформации индивида. Нелишне отметить, что его модель довольно эффективно используется социальными психологами для создания оптимальной морально-психологической атмосферы в коллективе. В этой модели представлены следующие регионы или слои.

1. Низшее бессознательное, содержащее в себе: а) элементарные психические акты, которые управляют функционированием тела, а также разумная координация телесных функций; б) фундаментальные драйвы (влечения) и примитивные побуждения; в) множество комплексов, насыщенных интенсивными эмоциями; г) грезы, сновидения и воображение низшего порядка; д) низшие, неконтролируемые парапсихологические процессы; е) различные патологические явления — фобии, компульсивные побуждения и параноические мании.

2. Среднее бессознательное — совокупность определенных психологических элементов, близкая нашему бодрствующему сознанию и легко им воспроизводимая. В этом внутреннем регионе происходит ассимиляция накопленного опыта, протекают различного рода ментальные и имагинативные процессы, созревают идеи, стремящиеся прорваться в сферу собственно сознания.

3. Высшее бессознательное или суперсознание, которое является регионом, поставляющим человеку его высшие интуиции и вдохновения, — художественные, философские либо научные, этические «императивы» и побуждения к гуманному и героическому действию.

4. Поле сознания — непрерывный поток ощущений, чувств, желаний, импульсов, образов и мыслей, которые человек наблюдает, анализирует и оценивает.

5. Сознание Я или «Я» является точкой самосознания индивида, отличающегося от сознания. Различие между ними можно проиллюстрировать следующим образом: одно из них — белый освещенный экран, другое — различные изображения, спроецированные на него (ощущения, чувства, мысли и пр.).

6. Высшее «Я» — перманентный центр, истинное «Я», расположенное за пределами «Эго». Ведь когда человек спит или, к примеру, находится в состоянии депрессии, гипноза, наркоза, тогда его «Я» исчезает и появляется в бодрствующем состоянии. Поэтому еще Кант и Герbart провели четкое различие между эмпирическим «Эго» и ноуменальным или реальным «Я», которое существует вне эмпирического индивида, чье «Я»-сознание есть «проекция» этого ноуменального «Я» на структуру личности.

7. Коллективное бессознательное — слой, где происходят процессы «психического космоса», где осуществляются психические контакты между людьми. Человек отнюдь не является изолированным существом, не является «монадой без окон», как считал Лейбниц. И хотя он может чувствовать себя *одиноким* и изолированным, в действительности же он погружен в океан человеческой психики. В данном случае сознание относится к высшему «Я», выступающее истоком индивидуального сознания.

Естествоиспытатели находятся на противоположной позиции, согласно которой сознание человека является неотъемлемой частью его телесной экзистенции (*Ил. Павлов*). Еще в 1913 году И.П.Павлов высказал идею о том, что сознание представляет собой область оптимальной возбудимости, которая перемещается по коре больших полушарий мозга, причем перемещение «светлого пятна сознания» зависит от характера выполняемой умственной деятельности. В 1998 году опубликована «прожекторная» теория одного из дешифраторов кода ДНК *Ф. Крика* (ее название сходно со «светлым пятном»), где основой сознания рассматривается синхронизация активности нейронов зрительной и сенсомоторной коры с частотой 35-70 Гц, само же сообщение о восприятии стимула невозможно без вовлечения лобных областей.

Метафору «светлого пятна сознания» современные методы исследования превратили в экспериментально наблюдаемое явление. В наши дни физиологи установили реша-

юшую роль речевых структур головного мозга в феномене сознания. «То, что в начале прошлого века было доступно только мысленному взору гениального естествоиспытателя, в наши дни исследователь, вооруженный методами компьютерного анализа электрической активности мозга, позитронно-эмиссионной томографии, функционального радиоманнитного резонанса и т. п., может видеть собственными глазами», — отмечает П.В.Симонов. Например, когда испытуемый решает анаграмму, фокусы взаимодействия (совпадение частотных пиков в отведениях электроэнцефалограммы) в альфа-диапазоне локализируются во фронтальных и левой центрально-височной областях коры. При неудаче они регистрируются в правовисочной, левопариеальной и затылочных областях. Когда опознаются на фотографиях эмоции демонстрируемых лиц, фокусы взаимодействия обнаруживаются в височно-затылочных отделах левого полушария. Если опознать эмоцию субъекту не удалось, они регистрируются в лобных отделах и правой теменной области коры.

В конце века среди разнообразных теорий сознания на первый план все отчетливее выдвигается теория «повторного входа» *А.М. Иваничкого* и *Дж. Эдельмана* — связь сознания с обращением к долговременной памяти. Синтез двух видов информации — наличной и извлекаемой из памяти — определяется возникновением ощущения (длительность 100-150 мс), которое опознается и категоризируется примерно через 200 мс. В пользу нейрофизиологического подхода к сознанию человека свидетельствуют эксперименты по созданию кремниевой сетчатки. Американские исследователи сконструировали электронную микросхему, имитирующую нейронную структуру глаза, что открывает перспективы для цифрового, более эффективного способа вычислений. В связи с этим поставлен вопрос, интересующий многих исследователей: может ли сознание возникать в сложной синтетической системе?

Очевидно, что при детальном анализе двух этих взглядов (один в отечественной литературе представлен *Д.И. Дубровским*, рассматривающим сознание как функцию нейронных структур мозга человека, другой — *Э.В. Ильенковым*, считающим, что сознание как идеальное существоует во взаимодействии человека с миром культуры) будут выявлены все ошибки и промахи, и что истина

лежит где-то посередине. В перспективе должна будет создана целостная теория, состоящая из двух компонентов: физических законов, объясняющих поведение физических систем от бесконечно малых до бесконечно больших, и психологических законов, показывающих, как некоторые из данных систем ассоциируют с опытом сознания. Понятно, что следует иметь в виду многообразные философские, социологические, социально-психологические, коммуникативные и другие аспекты функционирования сознания.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие биологические и надбиологические факторы были определены наукой как важнейшие в становлении и развитии сознания человека?

2. Что прояснили современные исследования в понимании сущности сознания?

I Биоэтика и поведение человека

Рождается ЛИ человек безморальным (с сознанием как чистый белый лист бумаги), и только воспитание прививает ему некие принципы, выработанные когда-то рационалистами? Или же мы появляемся на свет с каким-то набором врожденных чувств и представлений о том, что хорошо и что плохо, а воспитание их только развивает и направляет?

Биоэтику (или сложные поведенческие программы, присущие животному миру) следует рассматривать как естественное обоснование человеческой морали. Ведь много признаков, присущих человеку, генетически обусловлено. И только часть человеческих черт обусловлена воспитанием, образованием и другими факторами внешней среды обитания. Поэтому суть эволюции составляет процесс передачи генов от поколения к поколению. Все человеческие действия — это его поведение. Хронометрия человеческого поведения показывает, в какой значительной степени биологично все наше поведение.

С помощью биоэтики можно ответить на вопрос о происхождении таких важнейших проявлений человеческого разума, как мораль и этика.

В какой степени верна эта гипотеза?

Отвечая на этот вопрос, следует учитывать, что этологи (или специалисты по поведению животных) открыли у животных (и не только у высших) большой набор инстинктивных запретов, необходимых и полезных в общении с сородичами.

Что мораль не чужда животным, люди могли знать многие тысячи лет, ведь рядом с ними была собака. Каждый, воспитывая собаку, может убедиться, как легко можно привить ей некоторые наши этические правила, которые ей исходно совершенно чужды, — понятливость и послушность. Но если бы собаке были присущи только эти качества, мы называли бы ее своим четвероногим рабом. А мы зовем ее другом. Ведь помимо придуманной нами для нее этики, мы чувствуем в хорошей собаке ее собственную мораль, во многом совпадающую с нашей. Скажем, вы спокойно оставляете ребенка на попечение вашей собаки, страшного хищника, способного растерзать даже взрослого и сильного человека. А почему? Потому что вы доверяете ей. Доверяете устойчивым принципам ее поведения. Ведь собака, как и человек с моральными устоями, не может обидеть самку или детеныша, готова рисковать жизнью за товарища, уважает смелость и прямоту и презирает трусость и обман. Она очень тонко чувствует, когда ее хозяин чем-то расстроен, и способна на проявление чуткости и сопереживания.

Так что же такое мораль животных (или основные принципы биоэтики)? По мнению выдающегося австрийского этолога Конрада Лоренца, это — создание естественным способом врожденного запрета выполнять обычные программы поведения в некоторых случаях возникающие при общении с себе подобными. Значит, полезный необходимый инстинкт остается неизменным (у хищника это загонять добычу, убивать ее, рвать на части и пр.), но для особых случаев, где его проявление было бы вредно, вводится специально созданный механизм торможения. Любопытно, что культурно-историческое развитие человеческого общества происходит аналогичным образом, ведь важнейшие требования всех моральных заповедей и кодексов — это не предписания, а именно запреты. Как врожденные механизмы и ритуалы, препятствующие асоциальному поведению животных, так и человеческие табу определяют пове-

дение, аналогичное истинно моральному лишь с функциональной точки зрения; во всем остальном оно так же далеко от морали, как животное от человека.

Все эти проведенные запреты возникают под жестким давлением отбора ради выполнения задачи сохранения вида.

К важнейшим из таких запретов относятся следующие:

1. **«Не убей своего»** — первый и основополагающий запрет у очень многих видов. Чтобы выполнять его, необходимо безошибочно узнавать своих, безошибочно отличать их от чужих. Интересно, что если, скажем, галки, гуси и обезьяны узнают друг друга персонально, то члены крысиного клана, точно так же, как пчелы и другие общественные насекомые, отличают своих сородичей от чужих по общему запаху. У человека тоже есть манера делить всех окружающих на «своих» и «чужих». Причем понятие «они» появляется намного раньше, чем «мы». Только ощущение, что есть «они», рождает у первобытного человека желание самоопределиться по отношению к «ним», обособиться от «них» в качестве «мы». Так, у всех маленьких детей налицо очень четкое отличие всех «чужих», причем, разумеется, весьма случайное, без различия чужих опасных и неопасных и т. п. Но включается сразу очень сильный психический механизм на «чужого», при попытке контакта возникает комплекс специфических реакций, включая плач, рев — призыв к «своим».

2. Второй запрет непосредственно вытекает из первого — чтобы не убить своего и не быть убитым им, нельзя нападать неожиданно и сзади, без предупреждения и без проверки, нельзя ли разрешить возникший конфликт без схватки. Например, собакам, чтобы познакомиться, важно обнюхать друг друга, а безопасно это можно сделать только четко фиксированным образом.

Человеческий ритуал выполняет в целом те же функции, что и ритуализированные инстинктивные действия животных. Следует особо отметить, что **ритуал — это специальная форма взаимодействия, изобретенная людьми для удовлетворения потребности в признании среди «своих»**. Потребность в признании — это первая потребность, с которой начинается взаимодействие людей; без ее насыщения невозможно удовлетворить другие потребности. Ведь если потребность в признании не реализуется, то на-

чинает развиваться агрессивное поведение по отношению к «нераспознающему» человеку, который становится «чужим». Ритуал (и, в частности, ритуал знакомства или принятия в число своих) и призван снять эту «агрессию» и удовлетворить эту необходимость в признании хотя бы на минимальном уровне.

3. У хорошо вооруженных природой животных есть **запреты применять смертоносное оружие или убийственный прием в драке со своими**. Волк может убить оленя и даже лося одним ударом клыков, разорвав горло или пах. Но в драке с другим волком он этого приема применить не может. Таким образом, возникает удивительный парадокс: наиболее кровожадные звери (и прежде всего волк) обладают самым надежным механизмом торможения, запрещающим убийство или ранение сородичей, которые только есть на земле.

Этот механизм торможения, препятствующий асоциальному поведению животных, является врожденным, поэтому животное, у которого поломали данный механизм, лишь в известном смысле можно назвать «аморальным» по отношению к своим сородичам. Любопытно, что когда человек пытался одолеть своего самого совершенного и опасного биологического противника — крысу, то самые успешные попытки были связаны с возможностью сломать этот механизм торможения агрессии против своих сородичей. Дело в том, что крысы — в определенном смысле самые «общественные» животные, сплоченные в сообщество «коллективистской психологией», и в своем поведении с членами собственного сообщества являются истинным образцом всех социальных добродетелей. Крысы непобедимы, потому что внутри большой стаи никогда не бывает серьезной борьбы, причем наиболее защищенными себя чувствуют детеныши и слабые животные. Кроме того, крысы пользуются теми же методами, что и человек, — традиционной передачей опыта и его распространением внутри тесно сплоченного сообщества.

Известно, что крысы были самым страшным бедствием во времена парусного флота. Иногда голодные крысы целиком сгладывали пьяных членов экипажа вместе с сапогами, оставляя только медные гвоздики и железные бляхи от ремней. Поэтому единственно эффективным способом борьбы с крысиным сообществом была возможность

«взорвать» его изнутри. Способ получил название «крысиный король». Матросы отлавливали несколько десятков крыс и сажали их в какое-нибудь темное замкнутое пространство, где крысы были обречены на голодную смерть. Но крысы, даже умирая от голода, не нападали на своих сотоварищей. В качестве пускового механизма пробуждения внутрисемейной агрессии использовали чужую крысу, которую подбрасывали через определенное время. Почуввав запах чужака, крысы приходят в безумную ярость и убивают его, а затем начинают кусать друг друга. Запах крови опьяняет их еще больше. Главное — сломать очень жесткий запрет на агрессию против сородичей. Наконец, обезумевшие крысы начинают убивать друг друга. Остается 20 живых крыс, десять, затем четыре, и, наконец, две уцелевшие крысы вступают в последнюю смертельную схватку. Победитель, который сумел сожрать всех своих сородичей, и есть «крысиный король». Это уже крысиный «выродок» — животное, у которого полностью сломлены все запреты и механизмы торможения. Эта крыса способна только убивать и убивать своих сородичей, но у нее свой запах, и «нормальные» крысы не могут ее тронуть. Поэтому обычные крысы чувствуют этого «кровавого убийцу» на расстоянии и предпочитают с палубы выпрыгнуть в море и утонуть, чем встретиться с «королем-убийцей» в трюме, который сразу становится очень тесным. Вскоре на судне остается только одна крыса, которая уже никому не опасна.

4. Следующий запрет, опять-таки более абсолютный у сильно вооруженных животных (в основном хищников), **не позволяет бить того, кто принял позу покорности**. Как более слабому и проигравшему в схватке животному остановить распаленного в драке победителя? Это — предложить ему нарушить предыдущий запрет на применение смертельного приема. Проигравшие волк, лев или олень вдруг прыжком отскакивают от противника и встают боком к нему, подставляя для смертельного удара самые уязвимые места. Но именно этот удар противник нанести не может. Например, волк подставляет победителю чрезвычайно ранимую боковую сторону шеи, выгнутую навстречу укусу. Галка подставляет под клюв той, кого нужно умиротворить, свой незащищенный затылок, как раз то место, которое стараются достать птицы при серьезном нападении с целью убийства. Но именно этот удар (или смертель-

ный прием) более сильный противник нанести не может. Любопытно, что когда побежденная собака принимает позу покорности, то победитель сразу остановиться не может и проделывает движения смертельной встряски «вхолостую», т. е. возле самой шеи поверженного противника, но без укуса и с закрытой пастью.

Необходимо знать, что у животных разных видов «принципы морали» закреплены по-разному и проявляются неодинаково. Иногда в одном вольере содержат вместе индюков и павлинов, чего делать не рекомендуется. Эти птицы относятся к одному отряду куриных и даже к одному семейству фазаньих, но ведут себя различно. Так, если индюк и павлин вступают в драку из-за территории, и павлин, как более легкая птица, принимает позу покорности, подставляя своему противнику темечко, то индюк, не задумываясь, забивает павлина насмерть. Павлин же сделать уже ничего не может, так как из позы покорности в боевую стойку выйти невозможно.

Почему же у человека нет врожденных ограничений на приемы драки? К. Лоренц пишет, что «можно лишь пожалеть о том, что человек как раз не имеет "натуры хищника"». Большая часть опасностей, которые ему угрожают, происходит оттого, что по натуре он сравнительно безобидное всеядное существо, у него нет естественного оружия, принадлежащего его телу, которым он мог бы убить крупное животное. Именно поэтому у него нет и тех механизмов безопасности, возникших в процессе эволюции, которые удерживают всех «профессиональных» хищников от применения оружия против сородичей.

Когда же изобретение искусственного оружия открыло новые возможности убийства, то прежнее равновесие между сравнительно слабыми запретами агрессии и такими же слабыми возможностями убийства оказалось в корне нарушено. Но хотя вроде бы никаких ограничений на приемы драки у человека нет, проигравший драку мальчишка вдруг закладывает руки за спину и, поставляя лицо, кричит: «На, бей, подлец». И хотя запрет в нас очень слаб, но действие его впечатляюще.

5. И напоследок еще один очень важный принцип поведения, характерный для многих животных: победа **с тем, кто прав**. Животное, защищающее свою территорию, свою нору, свою самку, своих детенышей, почти всегда выигры-

вает в конфликте. Даже у более сильного и агрессивного соперника. И не только потому, что отчаянно обороняется и яростно нападает, но и потому, что противник заранее психически ослаблен. Его агрессивность сдерживает запрет, тот самый, который на юридическом языке называют неприкосновенностью жилища, личной жизни и имущества.

Какой вывод можно сделать из этих любопытных фактов и закономерностей? Хотя аналогии между описанным выше «социальным и нравственным» поведением некоторых животных и человека известны давно и многим, но выводы делаются различные и даже диаметрально противоположные. Так, логика рассуждения сторонников эволюционной трактовки социальных явлений (К. Лоренц, Р. Ардри, Дж. Скотт и др.) сводится к следующему: поскольку общепризнано, что человек произошел от животного мира и наши животные предки прошли через длительную эволюцию, прежде чем стали тем, что мы называем *Homo Sapiens*, постольку, считают они, человек должен обладать и всеми теми свойствами, которые присущи животным, включая и биологическую основу мотивации его агрессивного поведения. Сравнительно недавно возникшая социобиология доходит даже до утверждения, что в основе всех форм социального поведения человека лежат врожденные структуры, присущие ему так же, как и всем другим представителям животного мира. Так, наш образ жизни, который, как мы считаем, создали мы сами, на самом деле в значительной мере определяется нашими генами. Социобиология утверждает, что все живые существа постоянно конкурируют между собой, стремясь обеспечить себе наилучшие шансы на успешную передачу своих генов, т. е. носителей наследственных признаков.

Человек генетически запрограммирован на совершение насильственных действий, доказывает *Р. Ардри*, он бессилен против инстинктов собственной природы, которые неотвратимо приводят его к социальным конфликтам и борьбе.

Исследователи же, стоящие на марксистских позициях (например, австрийский философ *Вальтер Холличер*), считают, что человек далеко ушел от животного мира. А значит, распространять закономерности последнего на человеческое поведение, его мотивы и механизмы, с научной

точки зрения, абсолютно бесперспективно. Человек, как подчеркивал К. Маркс, «только в обществе может развивать свою истинную природу, и о силе его природы надо судить не по силе отдельных индивидуумов, а по силе всего общества». Значит, человек как полностью отделившееся от животного мира общественное существо обладает характерными, специфическими только для него чертами и признаками.

Очевидно, что диалектический подход к изучению поведения человека, исходя из двойственной его природы, должен включать изучение как преемственности, так и проявления нарушения преемственности.

Например, К. Лоренц установил, что в высшей степени сложные нормы поведения — влюбленность, дружба, иерархические устремления, ревность, скорбь — у серых гусей и у человека не только похожи, но и просто-таки совершенно одинаковы до забавных мелочей. Отсюда следует, что раз подобия социального поведения у серых гусей и у человека не могут быть унаследованы от общих предков, то они не «гомологичны», а возникают исключительно за счет так называемого конвергентного приспособления. Древняя китайская мудрость гласит, что не все люди есть в зверях, но все звери есть в людях. Необходимо понять, что социальное поведение людей диктуется отнюдь не только разумом и культурной традицией, но по-прежнему подчиняется еще и тем закономерностям, которые присущи любому филогенетически возникшему поведению, а эти закономерности мы можем хорошо узнать, только изучая поведение животных.

Исследование целостного феномена власти показывает, что государственная власть своими корнями уходит в биосоциальную эволюцию предков человека. Мы здесь исходим из тезиса, что «ничто не рождается из ничего». Наши соотечественники М. Бутовская и Л. Файнберг на основе изучения предпосылок возникновения человеческого общества пришли к следующему выводу о существовании у приматов социальной организации различной модификации: «Анализ социальных структур и социального поведения в сравнительном ряду приматов позволяет выявить несколько универсальных типов социальной организации, присутствующих на всех основных уровнях филогенетического развития, а также наличие универсальных принципов вза-

имоотношений между особями в пределах сообщества (отношения воспроизводства, отношения, направленные на поддержание целостности группы, — дружелюбные альянсы, отношения иерархического порядка, направленные на упорядочение связей между особями, отношения между особями, связанные с распределением ресурсов и среды обитания)». Здесь видны те отношения (связанные с целостностью организации, иерархией и распределением ресурсов, порядком), которые в человеческом обществе с его спецификой станут параметрами государственной власти и приобретут свои качества. На наш взгляд, правомерно говорить об аналогиях между биологическими и социальными свойствами, в частности, об определенном параллелизме между биологически обусловленным неравенством и иерархией в сообществах высших животных и государственной властью.

Уже в первой половине XX столетия зоопсихологами было выявлено наличие устойчивой и развитой иерархии в сообществах высших животных. Наиболее показательными в этом отношении были опыты Скиннера, исследовавшего групповую организацию у серых крыс, а также работы Дж. Гудолл¹ и Р. Шовена². При этом к 60-м годам представления о жесткой генетической обусловленности неравенства сменяются концепцией группы как системного целого, где основными детерминантами являются, с одной стороны, поведенческие реакции индивидуального эгоизма, с другой — протосоциальные альтруистические формы поведения. Более или менее удачное объяснение тому, как сочетаются в коллективных формах организации животного мира такие противоречивые начала, как альтруизм и эгоизм, содержится в работе Р. Докинз «Эгоистический ген» (русск. пер. 1993 года), где была предложена интерпретационная модель живой особи как своеобразной машины, запрограммированной на выживание своих генов. Соответственно, там, где существует возможность сохранения и передачи индивидуальных генов, преобладают эгоистические формы поведения, в тех же обстоятельствах, где попытка каждой особи сохранить индивидуальные гены ставит под угрозу физическое существование всей группы, срабатывают альтруистические поведенческие реакции. Р. Эфроимсон упоминает описанный в специальной литературе случай самопожертвования взрослых самцов шим-

панзе, напавших на тигра для того, чтобы дать возможность скрыться оставшимся членам группы³. Так или иначе были выявлены следующие основания групповой иерархии в отношении подчинения и господства в сообществах высших животных (речь идет прежде всего о человекообразных обезьянах).

Базовым функциональным назначением как индивида, так и группы является сохранение видового генотипа вообще и генотипа данной популяции в частности. И групповые, и индивидуальные поведенческие реакции варьируются в пределах от ярко выраженного эгоизма до альтруизма (разумеется, термины «эгоизм» и «альтруизм» применяются в данном случае весьма условно и не содержат всего набора смыслов, обусловленных развитием человеческой культуры).

На отмеченную пару полюсообразных типовых реакций накладываются коммуникативные ритуалы, в которых и обнаруживается собственно иерархия особей и прежде всего отношения господства и подчинения. Последние включают в себя как индивидуально-статусное, так и стратовое доминирование, источники и основания которого носят множественный характер. Наиболее показательные примеры в этом плане составляют сообщества крыс и человекообразных обезьян. В них подгруппу (или страт) беспспорных лидеров *Альфа* образуют взрослые особи — самцы, отличающиеся не только физической силой и свирепостью, но и быстротой поведенческих реакций, прежде всего реакцией «принятия решения». То есть те, кто способен быстро действовать в минуту опасности, как правило, и становятся вожаками. Этот страт является условно наиболее устойчивым источником доминирования, его можно условно обозначить как «полюс силы».

Вторую подгруппу, или страт, образуют особи *Бета*, уступающие первым в физической силе, скорости принятия решений и бесстрашии. Кстати, такие, казалось бы, чисто человеческие качества, как смелость, страх и др., в наименьшей степени присущи и животным особям. Этот факт хорошо известен кинологам. Особи *Бета* отличаются развитыми «мыслительными способностями», например, умением ориентироваться в нестандартной ситуации. Индикатором такого умения служит «экстраполяционный рефлекс», или

иначе «рефлекс предвидения», открытый отечественным зоопсихологом Крушинским.

Особь *Бета* становятся временными лидерами в критических обстоятельствах, предлагая новые нестандартные формы поведения тогда, когда привычные рефлекторные реакции не позволяют группе справиться с возникающими трудностями. Страт *Бета* образует второй устойчивый источник доминирования в группе — своеобразный «полюс разума». Далее идет подгруппа молодых и менее опытных или взрослых, но не имеющих отличий самцов, которые составляют страты «подвластных», но «полноправных» (т. е. имеющих потомство) членов сообщества; их обычно обозначают как *Гамма*, *Дельта* и т. д. Замыкают иерархию «неполноправные» члены группы, своего рода «изгой» — *Омега*, те, для которых в обычных условиях не допускается спаривание, а следовательно, и сама возможность иметь потомство. Особей *Омега* обычно принуждают пробовать незнакомую пищу, идти вперед, прокладывая маршрут в незнакомых или опасных условиях, когда гибель одной из них должна послужить сигналом тревоги для всего сообщества.

Таков в общих чертах первый тип организации господства и подчинения в сообществах высших животных; обычно он обозначается как «ранговая иерархия». Весьма любопытным при этом является то обстоятельство, что, несмотря на название «иерархия» для данного типа организации животных сообществ, принадлежность к тому или иному страту вовсе не является наследуемой или только врожденной. Чтобы занять соответствующее место в страте *Альфа* или *Бета*, необходимо завоевать высокий индивидуальный статус, и дети вожака в стае шимпанзе до достижения зрелости отстаивают свое индивидуальное место в соответствующем страте наравне со всеми, при том что, по мнению некоторых ученых, между самими стратами *Альфа* и *Бета* существует устойчивая конкуренция за безусловное лидерство. В литературе известен трагикурьезный случай, когда в лабораторных условиях особь *Бета*, регулярно получая значительную долю алкоголя, утрачивали чувство страха, вступали в драки с *Альфой* и нередко становились вожаками. Правда, на короткое время, поскольку начинали испытывать устойчивое влечение к алкоголю. Они быстро «спивались», опускаясь в конце концов до уровня *Омега*. (Сходство с людьми настолько поразитель-

ное, что порою даже неловко становится за человека разумного.)

Следует учитывать и одно из универсальных правил биологии — для множества элементов системы характерны асимметрия взаимодействий и вытекающая из этого асимметрия взаимоотношений. В то же время исследования синхронизации поведения животных и человека показали, что на самых разных уровнях интеграции — от биохимических систем организма до сложных социальных взаимодействий — обнаруживается взаимная синхронизация поведения. Следовательно, в основе социального поведения системы лежит принцип асимметричности взаимоотношений и влияния ее элементов. Однако целостность системы требует устойчивости и повторяемости отношений между составляющими ее элементами. Отсюда вытекает необходимость регулятивных механизмов, использующих «нормы» поведения и иерархию организации (она устраняет конкуренцию отдельных видов поведения, чтобы сохранить целостность и порядок системы).

Значит, главный вывод, который делает биоэтика, заключается в том, что в нашем поведении, помимо действий, порожденных разумом, есть действия, мотивированные древними врожденными программами, доставшиеся нам от животных предков.

Но, конечно же, поведение человека не ограничивается этими врожденными животными программами. Ведь человек живет и действует, побуждаемый множеством потребностей.

А. Маслоу, один из ведущих психологов США в области исследования мотивации, разработал «иерархию» потребностей человека.

Она состоит из следующих ступеней: ступень 1 — физиологические потребности — это низшие, управляемые органами тела потребности: дыхательная, пищевая, сексуальная, потребность в самозащите. Ступень 2 — потребность в надежности — стремление к материальной надежности, здоровью, обеспечению по старости и т. п. Ступень 3 — социальные потребности. Удовлетворение этой потребности не объективно и трудно описуемо. Одного человека удовлетворяют очень немногие контакты с другими людьми, в другом человеке эта потребность в общении выражается очень сильно. Ступень 4 — потребность в уважении, осознании соб-



ственного достоинства; здесь речь идет об уважении, престиже, социальном успехе. Вряд ли эти потребности удовлетворяются отдельным лицом, для этого требуются группы. Ступень 5 — потребность в развитии личности, в осуществлении самого себя, в самореализации, самоактуализации, в осмыслении своего назначения в мире.

Маслоу выявил следующие принципы мотивации человека:

- 1) мотивы имеют иерархическую структуру;
- 2) чем выше уровень мотива, тем менее жизненно необходимыми являются соответствующие потребности, тем дольше можно задержать их реализацию;
- 3) пока не удовлетворены низшие потребности, высшие остаются сравнительно неинтересными. С момента удовлетворения низшие потребности перестают быть потребностями, т. е. они теряют мотивирующую силу;
- 4) с повышением потребностей повышается готовность к большей активности. Таким образом, возможность к удовлетворению высших потребностей является большим стимулом активности, чем удовлетворение низших.

Маслоу отмечает, что нехватка благ, блокада базовых и физиологических потребностей в еде, отдыхе, безопасности приводит к тому, что эти потребности могут стать для обычного человека ведущими («Человек может жить хлебом единым, когда не хватает хлеба»). Но если базовые, первичные потребности удовлетворены, то у человека могут проявляться высшие потребности, метамотивации (потреб-

ности к развитию, к пониманию своей жизни, к поиску смысла своей жизни). Для многих людей присущи так называемые «неврозы существования», когда человек не понимает, зачем живет, и страдает от этого.

Если человек стремится понять смысл своей жизни, максимально полно реализовать себя, свои способности, он постепенно переходит на высшую ступень личностного саморазвития.

«Самоактуализирующейся личности» присущи следующие особенности:

- 1) полное принятие реальности и комфортное отношение к ней (не прятаться от жизни, а знать, понимать ее);
- 2) принятие других и себя («Я делаю свое, а ты делаешь свое. Я в этом мире не для того, чтобы соответствовать твоим ожиданиям. И ты в этом мире не для того, чтобы соответствовать моим ожиданиям. Я есть я, ты есть ты. Я уважаю, принимаю тебя таким, какой ты есть»);
- 3) профессиональная увлеченность любимым делом, ориентация на задачу, на дело;
- 4) автономность, независимость от социальной среды, самостоятельность суждений;
- 5) способность к пониманию других людей, внимание, доброжелательность к людям;
- 6) постоянная новизна, свежесть оценок, открытость опыту;
- 7) различение цели и средств, зла и добра («Не всякое средство хорошо для достижения цели»);
- 8) спонтанность, естественность поведения;
- 9) юмор;
- 10) саморазвитие, проявление способностей, потенциальных возможностей, самоактуализирующее творчество в работе, любви, жизни;
- 11) готовность к решению новых проблем, к осознанию проблем и трудностей, своего опыта, к подлинному пониманию своих возможностей.

Если человек достиг уровня самоактуализации, то у него высшие потребности начинают доминировать над низменными. Это только в начале жизненного пути: если у человека нет хлеба, то он будет жить только для того, чтобы этот хлеб раздобыть. Когда же человек осознал свое предназначение в мире, то он может ограничиться минимумом воды и хлеба. Только человек, знающий, для чего он жи-

вет, может быть настойчивым и последовательным, терпеливым и постоянным, уверенным в себе и справедливым.

Для самоактуализации необходимо добиваться поставленных целей, понять свое место в жизни и следовать божественной предначертанности. Чтобы достичь поставленных целей, необходимо не поддаваться всему тому, что может помешать поставленной задаче; причем, если спортсмен показывает возможности тела, то самоактуализация — это высший показатель возможностей духа. Смысл жизни человека состоит в максимально полном развитии, развертывании всех заложенных от бога талантов, задатков и способностей. Самоактуализация и есть полное использование всех возможностей человека. Обычно человек стремится выразить себя в той области, в которой он обладает наибольшими задатками и способностями. Но далеко не каждая область человеческой деятельности помогает раскрытию творческих способностей. Тяжелый физический монотонный, нетворческий труд, на который обречена значительная часть человечества, не раскрывает, а напротив, губит имеющиеся способности. Подлинное наслаждение приносит только творческая работа. Наибольшую возможность для взлета мысли, для развертывания потенциально безграничных духовных возможностей человека представляют наука и искусство. Видимо, тем и объясняется тот факт, что все большее количество людей стремится получить такую работу, где есть больше возможностей для творчества, соглашаясь при этом даже на более низкую зарплату. Стремление добиться уважения со стороны других людей — один из движущих мотивов в процессе поиска смысла жизни, в особенности в тех областях, в которых имеется большая возможность для творчества.

Можно сказать, что каждый человек имеет внутреннюю потребность стать всем тем, кем он может и по своей свободной мотивации должен стать. Творческая работа человека над самим собой — главный механизм удовлетворения данной потребности. Однако, в отличие от других существ, человек как потенциально безграничное, космическое создание природы, в принципе, не может реализовать себя в полной мере. Это приводит к неудовлетворенности жизнью, которая выступает побудительной причиной творческой деятельности. Вроде бы все просто и ясно, и мало кто оспаривает утверждение, согласно которому *назначение*

любого человека — всесторонне развивать свои способности и дарования. Это может стать целью любой жизни. Но правильно ли назвать эту цель высшей? Возникает вопрос: а для чего развивать свои способности, для какой высшей цели? Это и есть один из основных вопросов философии. Еще Иммануил Кант заметил, что философия должна ответить всем на два вопроса: «Кто мы такие?» и «Куда мы идем?» Очевидно, что данный круг вечных или «роковых» вопросов стимулируется осознанием человеком конечности своего существования. Смерть низводит человека к этим вопросам, властно побуждает напрягать ум и волю в поисках ответа на них.

Очевидно, что проблема смысла и цели человеческого бытия, проблема жизни и смерти — это центральная проблема философии.

Естественно, когда каждый человек — это отдельное звено в бесконечной цепи всего человечества, то довольно легко определить смысл существования и этого отдельного звена — ведь без него разорвется цепь. Но те же материалисты утверждают, что смертен не только отдельный человек, но и все человечество. Вообще ничего нет вечного под солнцем. Да и солнце рано или поздно потухнет, и не спасет человечество даже космический перелет в другую галактику, потому что и другая галактика рано или поздно взорвется, а в конце концов и вся Вселенная сожмется обратно в бесконечно малую величину. Известно, что в соответствии с концепцией универсального эволюционизма 15-20 млн лет назад все вещество нашей Вселенной концентрировалось в «сингулярности» — определенном физическом состоянии, не подчиняющемся обычным законам физики. Вся материя была сконцентрирована в необычайно малом объеме с гигантской плотностью и чудовищной температурой. Новейшие исследования показывают, что эта «сингулярность» была создана из ничего. И вот из этого «ничего» все и возникло, чтобы по истечении определенного времени в это «ничто» превратиться снова⁴.

Жизнь противоположна безжизненности, а смерть противоположна рождению, ибо смерть и рождение — полюсы и границы человеческой жизни, ее пределы. Смерть даже более необходима, чем рождение, так как тот или иной человек мог и не родиться, поскольку его рождение зависело от многих случайностей. Но раз он родился, то

уже ничто не может спасти его от смерти. «Против смерти нет никаких средств», — писал Ф. Энгельс.

- Все понимают, что человек в своем физическом теле не может жить вечно, но отношение людей к этому факту различно. Одни считают, что ценность жизни очень мала из-за ее ограниченности. И как было бы хорошо, если бы человек мог жить вечно... Но человек неразсторжимыми узами связан со своим поколением, с окружающей его с детства социальной средой, а все это — с конкретным историческим временем. И человек не может выпрыгнуть за границы своего времени и своего поколения. А если кому это и удастся, то счастья не принесит. Одну 105-летнюю англичанку спросили: «А у Вас есть враги?» — «Нет, — с грустью ответила она, — ни одного не осталось. Они все умерли, как, впрочем, и все друзья». Но человек в принципе, никогда не может примириться с необходимостью своего ухода из этого мира. И, очевидно, лучший выход из ситуации, которую мы изменить не в силах, — это изменить свое к ней отношение. Ведь ограниченность жизни побуждает людей ценить и беречь время, жить интенсивно и насыщенно. Мысль о бесконечности жизни, о бесконечности будущих наслаждений сделала бы людей равнодушными к сегодняшней радости, к сегодняшнему удовольствию. Философы не без основания считают, что все великое и нужное всем создано людьми, которые хотели *успеть* совершить что-то значительное, которые стремились оставить свой след в истории, увековечить свое имя в памяти потомков.

Римские философы-стоики даже сформулировали главный жизненный принцип, по которому должен жить каждый человек: «Думай о смерти». Из этого принципа следует, что каждое свое действие, каждый поступок, каждое высказывание и даже слово человек должен совершать так, как будто это его последнее слово и последнее действие в жизни. Следование такой жизненной установке наполняет содержанием и глубиной любое событие в жизни человека. Человек, думающий о смерти, способен часами любоваться цветком, морским прибором, огнем очага. Вся восточная культура построена на созерцании земной красоты: японец может всю ночь просидеть и получить громадное удовольствие, наблюдая за падающим снегом или цветком сакуры. Большинство же людей следуют в своей обыден-

ной жизни прямо противоположной позиции — вообще стараются не думать о смерти.

Да, мысли о неизбежности смерти невыносимы, но некоторые философы не без основания считают, что вечная жизнь была бы для человека проклятием, подлинной мукой. Необходимо отметить, что в ряде случаев наивное и потребительское отношение верующих к религиозному догмату о загробном существовании препятствует людям трудиться над своим подлинным земным счастьем, думать об улучшении земной жизни, о совершенствовании отношений в обществе. Еще древнегреческий историк Плутарх подметил эту особенность людей, верующих в бессмертие, — их недооценку земной жизни. «И придавая настоящей жизни в сравнении с вечностью мало значения или, вернее, не придавая ей никакого значения, они прозябают, не используя жизни; в своем малодушии они пренебрегают добродетелью и деятельностью и презируют самих себя как рожденных на один день, неустойчивых и ни на что достойное не способных». Ведь бессмертие делает человеческую жизнь бессмысленной, лишает ее ценностей и интересов. Смертность делает жизнь трагичной, но зато может наполнить ее глубоким смыслом. Каждый период в жизни человека вносит свое содержание и свои способы решения важнейших проблем, стоящих перед человеком.

Если бы даже вопреки законам природы удалось добиться бессмертия человека, то это поставило бы человечество перед сложнейшими проблемами, которые со временем стали бы неразрешимыми и завели человечество в тупик. В качестве примера можно привести интересный рассказ «Бессмертный», написанный известным аргентинским писателем Хорхе Луисом Борхесом. Суть этого рассказа в том, что его герой посетил однажды город Бессмертных, мудрецов, нашедших волшебную реку и получивших дар никогда не умирать. Сам город оказывается заброшен и представляет собой громоздкий и бессмысленный лабиринт, где множество ходов упирается в тупики. А возле города обитает дикое и мрачное племя, которое кажется ему совершенно тупым и неразвитым, практически не умеющим говорить. Но волею судьбы он ближе знакомится с одним из дикарей и с изумлением узнает, что это... Гомер! Бессмертный Гомер, в памяти которого, отягощенной веками, остались только отдельные слова и фразы из собственных про-

изведений, почти лишённые теперь всякого смысла. Дикари — это и были Бессмертные. Борхес пишет: «Наученная опытом веков, республика Бессмертных достигла совершенства в терпимости и почти презрения ко всему. Они знали, что на их безграничном веку с каждым случится все. В силу своих прошлых или будущих добродетелей каждый способен на благодетельство, но каждый способен совершить и любое предательство из-за своей мерзопакостности в прошлом или в будущем... А если взглянуть на вещи таким образом, то все наши дела справедливы, но в то же время они — совершенно никакие. Гомер сочинил «Одиссею», но в бескрайних просторах времени, где бесчисленны и безграничны комбинации обстоятельств, не может быть, чтобы еще хоть однажды не сочинили «Одиссею». Каждый человек здесь никто, и каждый Бессмертный — сразу все люди на свете». И дальше: «Смерть (или память о смерти) наполняет людей возвышенными чувствами и делает жизнь ценной. Ощущая себя существами недолговечными, люди и ведут себя соответственно: каждое совершаемое деяние может оказаться последним; нет лица, чьи черты не сотрутся, подобно лицам, являющимся во сне. Все у смертных имеет ценность — невозвратимую и роковую. У Бессмертных же, напротив, всякий поступок (и всякая мысль) — лишь отголосок других, которые уже случались в затерявшемся далеке прошлого, или точное предвесье тех, что в будущем станут повторяться и повторяться до умопомрачения. Нет ничего, что бы не казалось отражением, блуждающим меж никогда не устающих зеркал. Ничто не случается однажды, ничто не ценно своей невозвратностью. Печаль, грусть, освященная обычаями скорбь не властны над Бессмертными».

Такой же, как и Борхес, точки зрения на проблему бессмертия придерживается и наш известный генетик — академик Н. Дубинин. По его мнению, в основе развития и общечеловеческого прогресса лежит процесс смены поколений. Индивид, отдавший все для развития вида (человечества), должен уйти. Мавр сделал свое дело — Мавр должен умереть. По мнению Дубинина, личное бессмертие человека явилось бы непреодолимой преградой на пути его духовного развития.

Живая природа устроена так, что жизнь питается жизнью, т. е. жизнь поддерживается смертью. Так, если взгля-

нуть на проблему смерти с точки зрения биолога, то она неотделима от жизни. И дело не в том, что смерть следует за жизнью, а в том, что смерть обеспечивает саму жизнь. Наиболее ярким примером этого служат клетки нашей кожи, ее наружного слоя. Поверхностные клетки кожи являются мертвыми. Это полупрозрачные кристаллы, которые скреплены друг с другом тонким слоем жира. Эти клетки наполнены кератином. Они в определенное время мертвеют, а потом и вовсе сбрасываются кожей, а на их место приходят другие. Все это — плановый процесс, процесс непрерывного умирания ради жизни. Эти мертвые клетки, словно гибкий панцирь, защищают находящиеся под ним нежные ткани. Такая защита необходима, поскольку истинно живые клетки не могут переносить непосредственного соприкосновения с воздухом. Кристаллические клетки панциря образуются из живых клеток ткани: они постепенно вытесняются на поверхность кожи, где должны выполнять свою миссию уже не в живом, а мертвом состоянии. Но ведь в этом мертвом состоянии они выполняют жизненно важные для всего живого организма функции. Как же тогда понимать смерть? В функциональном плане она — часть жизни, не так ли? Кстати, эти клетки не просто умирают по причине какого-либо неудобства или недостатка. Они сами убивают себя именно для того, чтобы, перейдя в неживое состояние, обеспечивать выполнение организмом своих жизненных функций. Еще до того как клетка выйдет на поверхность кожи, у нее начинается подготовка к своей новой функции — образованию панциря. С этой целью сама клетка вырабатывает яд для себя же. Ядом служит фиброзный кератин. Так постепенно вся клетка наполняется роговым веществом.

Таким образом, трудно непроницаемым барьером отделить жизнь от смерти. Если эти клетки мертвые, то «наше тело буквально укрыто смертью». Ведь мы ежедневно сбрасываем с себя полмиллиона мертвых клеток. Собственно, все, что можно видеть в нас — мертво. Жизнь спрятана под этой мертвой оболочкой. Как-то неловко от такого заключения. Поэтому не лучше ли отказаться от такого категорического определения смерти и считать, что мы живы целиком, а не частично?

На примере клеток кожи видно, что отмирание, смерть является неотъемлемой частью жизни. Но это касается не

только клеток кожи. Новые клетки в живом организме возникают непрерывно. Их образуется во взрослом организме ровно столько же, сколько отмирает. Так организм непрерывно обновляется. Это все идет планоно, и смерть клеток не является чем-то нежелательным, какой-то трагедией. Отнюдь нет. Даже наоборот — трагедией было бы, если бы они не отмирали. Значит, смерть обеспечивает нормальное развитие жизни.

Когда мы говорим о смерти и бессмертии по отношению к человеческой личности, то речь идет главным образом о психике, или душе. Для материалистов «душа» — это синоним психики и обозначает совокупность психических явлений, являющихся системным свойством мозга. В христианстве душа — это непостижимое, бесплотное «духовное начало», которое Бог вдохнул в сотворенное им из праха тело первого человека. При этом душа дана человеку, так сказать, во временное пользование. Когда физическое тело умирает, то душа отлетает в мир иной. Итак, душа — это что-то временное, имеющее начало и неизбежный конец, или это вечное начало, данное нам от Бога?

Что касается проблемы бессмертия, то философ А.К. Макеев, основываясь на некоторых данных современной науки, пришел к заключению, что «...идеал достижимости индивидуального бессмертия и даже признание наличия во Вселенной биосистем, уже обладающих бессмертием, надежды человечества на встречу в космосе с братьями по разуму, уверенность во всеисилии знания, побеждающего смерть и могущего на базе информационных программ биополевых систем возратить к жизни всех, как говорится, ушедших в небытие, но в новой, более совершенной форме, на небелковой основе, — все это существенные элементы истинно научного мировоззрения... Эта проблема уже поставлена на повестку дня развивающейся наукой. Идеалы подобного рода действительно заражают оптимизмом и могут служить важным стимулом вдохновения во всех сферах практической и теоретической деятельности человечества, осознавшего реальность таких идеалов».

Если биоэтику трактовать не узко (медицински и биологически), а как широкую и философски глубокую дисциплину, то ее центральное ядро — отношение к жизни и смерти. Жизнь понимается как самоценность, как высшая ценность. Поэтому возникают проблемы, которые выходят

за рамки отношений врача и пациента, а именно, отношение к жизни, животным, к биогеоценозам, к биосфере и т. д.

Биоэтика возникла и стала интенсивно развиваться в начале 70-х годов в США и Западной Европе. Большую роль в становлении биоэтики сыграла медицина, а также развитие генетики, осознание не только биологами, но и обществом возможных негативных последствий генной инженерии. Новый уровень технико-практических возможностей медицины и экспериментальной науки поставил перед учеными новые этические проблемы. Биоэтика возникла как ответ на технологические вызовы в медицине. Новые технологии трансплантации органов, зарождения и поддержания жизни вступили в противоречие и просто в конфликт с традиционными культурными ценностями и с традиционными аксиологическими ориентациями. Например, для христианства сердце — это не только важнейший биологический, но и духовный орган человека.

Можно сказать, что биоэтика — это форма защиты прав человека, в том числе его права на жизнь, на здоровье, на ответственное и свободное самоопределение своей жизни.

Если мы будем рассматривать биоэтику не просто как анализ норм взаимоотношений врача и пациента, а в более широком контексте и в силовом поле тех ментальных и ценностных форм, которые определяют отношение к жизни и смерти, к детству и старости, то в этом случае биоэтика окажется аксиологически нагруженной. Она не только включит в себя этические нормы отношения к животным, но и экологическую этику, этику отношений человека с биогеоценозами и со всей биосферой. Не только человек, но и вся природа окажутся субъектами этических размышлений и моральной регуляции.

Мы находимся в самом начале пути по развитию биоэтики, хотя в США уже издана пятитомная энциклопедия по данным проблемам.

Выдвигаются и отстаиваются следующие постулаты:

1. Единство науки и гуманистических ценностей.
2. Необходимость ставить гуманистические цели выше исследовательских.
3. Регулирование, исходя из гуманистических ценностей, научных исследований, включая и запреты на некоторые виды экспериментов, связанных с участием человека.

4. Разработка правил биомедицинских работ с учетом прав личности, включая юридические нормы.

Хочется остановиться на вопросах неразрывной связи биоэтики с медицинской этикой и правом. Общественный смысл биоэтики заключается в том, что она является конкретным проявлением гуманизма в медицине. Этот критерий является основным в научных исследованиях по биологии и медицине. И какие бы цели ни ставились исследователями, гуманизм и безвредность для человека всегда должны стоять на первом месте — такой подход служит мерилom любой человеческой деятельности, в том числе и по ускорению научно-технического прогресса. В этой связи необходимо развивать экологическую этику и разрабатывать специальный экологический кодекс.

Что нового в биоэтике сравнительно с традиционной врачебной этикой? Современный врач сталкивается с конфликтом духа и буквы клятвы Гиппократова, которая была незыблемой этической основой врачевания в течение двадцати четырех веков.

Возьмем наиболее известную этическую заповедь Гиппократова — прежде всего не навредить пациенту («в какой бы дом я ни вошел, я войду туда для пользы больного, воздерживаясь от причинения всякого вреда и несправедливости»). Когда современные хирурги-трансплантологи пересаживают почку или долю легкого живого донора (даже имея на это добровольное согласие донора) обреченному больному, проведенное этическое предписание по отношению к донору с очевидностью нарушается. Современный прогресс клинической медицины потребовал уточнения самого принципа гуманизма. Соответствует ли гуманности искусственное оплодотворение или прекращение жизнеподдерживающего лечения умирающего пациента? Подлинным началом духовных исканий в биоэтике является тревога и забота о будущем человеческого рода. Когда американский биолог *В.Р. Поттер* предложил термин «биоэтика», назвав ее «мостом в будущее», он был, несомненно, прав, так как биоэтика все более явно становится поиском реальных путей к созданию глобальной этики человечества будущего.

В биоэтике уже стали привычными такие понятия, как «право на аборт», «право на смерть» и т. д. Но, может быть, это есть квазиправо — оно не может быть записано во Всеобщей декларации прав человека. В самом деле,

сторонники права на аборт делают акцент на следующих аргументах: криминальные аборты есть еще большее зло, общество должно уважать право женщины на свободное и ответственное материнство; в особенности на ранних сроках беременности понятие «эмбрион» не тождественно понятию «человек» и т. д. В то же время они не придают должного значения другим аргументам: отмена запрета на аборт просто игнорирует моральный статус эмбриона, ценность жизни плода; аборт как моральный выбор самой женщины, врача-оператора, юристов, легализовавших такую социальную практику, не свободен от противоречий.

Сторонники разрешения проблем умирающего больного с помощью активной эвтаназии говорят, что в этом заключается его «право на смерть». Есть потребность в допустимости «убийства из милосердия» неизлечимо больного близкого человека. Следует признать, что такая ситуация является особенно психологически убедительной, ведь здесь требование милосердного отношения к страданию, «смертной муке» другого человека может обрести силу категорического императива. Но это еще не значит, что такой выбор можно безоговорочно оправдать этически. Врач, осуществивший «убийство из милосердия», совершает отчаянный и рискованный шаг «по ту сторону добра и зла» и обрекает себя на вечную (до конца своей сознательной жизни) работу самооправдания: достаточно ли весомыми были в тот момент его аргументы, когда он в привычных определениях добра и зла единственно по своей воле поменял местами знаки «плюс» и «минус».

Проблемы биоэтики обладают одним ярко выраженным качеством: в поисках их решения люди, вместо того чтобы приходиться к какому-то общему решению, скорее расходятся во мнениях. Это происходит потому, что стороны делают акцент на разных аспектах одной проблемы и приходят в результате к разным выводам. Например, в вопросе об абортах одна сторона делает акцент на правах матери, а другая — на правах внутриутробного ребенка. И каждая сторона по-своему права.

Биоэтика должна основываться на гуманизме, и лишь в таком виде она может быть приемлема.

4. Творчество

Творчество как процесс создания чего-то нового часто предполагает, что человек может испытывать недостаточность информации, знаний, умений для достижения цели и решения той или иной проблемы, а именно поэтому ему необходимо сделать рывок в неизведанное, создать новые знания, умения, новые объекты и произведения. *Эмоции, вдохновение, воображение помогают сделать этот «рывок в творчество»*. Огромную роль эмоций в творческом процессе признавал и В.И. Вернадский. Он писал: «Говорят: одним разумом можно все постигнуть. Не верьте!.. Одна нить — разум, другая — чувство, и всегда они друг с другом соприкасаются в творчестве».

Американский психолог *Л. Кюби* утверждал, что неспособность сознания быть творческим связана с тем, что оно логично и ограничено строго упорядоченными символами и понятиями, которые исключают возможность создания новых порядков и сочетаний, т. е. подавляют фантазию и воображение. *Там же, где воображение свободно от оков логики за счет эмоций, имеет место творчество*. Научное и техническое творчество проявляется в поиске и нахождении принципиально нового решения научной или технической проблемы, причем структура мыслительного процесса решения проблемы сложна, но неизменно успеху, «озарению», нахождению нового решения способствует эмоциональная увлеченность проблемой, вера в успех, эмоциональная положительная стимуляция.

Выделяют четыре стадии решения проблемы:

- подготовка;
- созревание решения;
- вдохновение;
- проверка найденного решения.

Структура мыслительного процесса решения проблемы:

1. Мотивация (желание решить проблему).
2. Анализ проблемы («выделение «что дано», «что требуется найти», какие недостающие или избыточные данные и т. д.).
3. Поиск решения:
 - 3.1. Поиск решения на основе одного известного алгоритма (репродуктивное мышление).

3.2. Поиск решения на основе выбора оптимального варианта из множества известных алгоритмов.

3.3. Решение на основе комбинации отдельных звеньев из различных алгоритмов.

3.4. Поиск принципиально нового решения (творческое мышление):

3.4.1) на основе углубленных логических рассуждений (анализ, сравнение, синтез, классификация, умозаключение и т. п.);

3.4.2) на основе использования аналогий;

3.4.3) на основе использования эвристических приемов;

3.4.4) на основе использования эмпирического метода проб и ошибок.

В случае неудачи:

3.5. Отчаяние, переключение на другую деятельность («период инкубационного отдыха» — «созревание идей»), озарение, вдохновение, инсайт, мгновенное осознание решения некоторой проблемы (интуитивное мышление).

Факторы, способствующие «озарению»:

а) высокая увлеченность проблемой;

б) вера в успех, в возможность решения проблемы;

в) высокая информированность в проблеме, накопленный опыт;

г) высокая ассоциативная деятельность мозга (во сне, при высокой температуре, лихорадке, при эмоционально положительной стимуляции).

4. Логическое обоснование найденной идеи решения, логическое доказательство правильности решения.

5. Реализация решения.

6. Проверка найденного решения.

7. Коррекция (в случае необходимости возврат к этапу 2).

Мыслительная деятельность реализуется как на уровне сознания, так и на уровне бессознательного, характеризуется сложными переходами и взаимодействиями этих уровней. В результате успешного (целенаправленного) действия получается результат, соответствующий предварительно поставленной цели, и результат, который не был предусмотрен в сознательной цели; он является по отношению к ней побочным (побочный продукт действия). Проблема осознанного и неосознанного конкретизировалась в проблему взаимоотношения прямого (осознаваемого) и

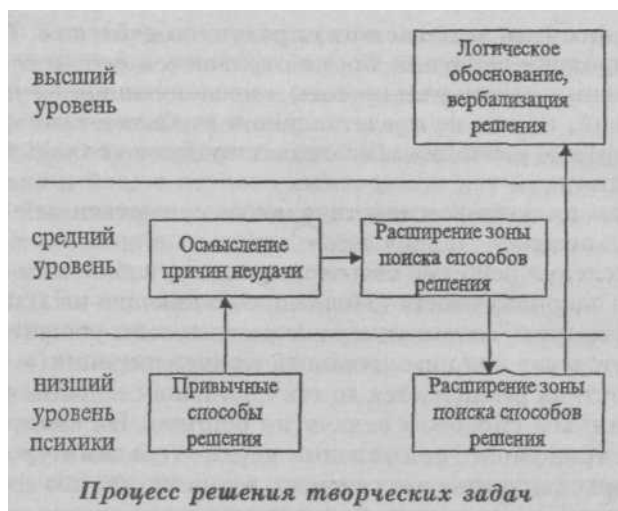
побочного (неосознаваемого) продуктов действия. Побочный продукт действия также отражается субъектом, это отражение может участвовать в последующей регуляции действий, но оно не представлено в вербализованной форме, в форме сознания. Побочный продукт «складывается под влиянием тех конкретных свойств вещей и явлений, которые включены в действие, но не существенны с точки зрения цели».

Исследуя решение творческих задач, наблюдаем следующую закономерность (*Пономарев*): вначале используются первичные, автоматизированные способы решения (что соответствует низшим уровням), причем первичные способы действия реализуются до тех пор, пока становится ясно, что данным способом задачу не решить. На следующем этапе происходит осмысление неудач (средний уровень), осознается причина этих неудач, а именно то, что средства не соответствуют задаче, формируется критическое отношение к собственным средствам и способам действия. В результате к условиям задачи применяется более широкий круг средств (3-й этап, средний уровень), происходит выработка программ «поисковой доминанты», потом на низшем (неосознанном) уровне происходит интуитивное решение, «решение в принципе», и затем на последних этапах (высший уровень) происходит логическое обоснование, вербализация и формализация решения. Механизм творческого процесса (таков же механизм развития): сознательное => бессознательное => и вновь осознание.

Для усиления творческих мыслительных возможностей используют и «экзотические» приемы: введение человека в особое суггестивное состояние психики (активация бессознательного), внушение в состоянии гипноза воплощения в другую личность, в известного ученого, например, Леонардо да Винчи, что резко повышает творчество у обычного человека.

Для активации мышления можно применять специальные формы организации мыслительного процесса, например, «**мозговой штурм**», или **брейнсторминг** — метод предложен *А. Осборном* (США), предназначен для продуцирования идей и решений при работе в группе. Основные правила проведения «мозгового штурма»:

1. Группа состоит из 7-10 человек, желательно различной профессиональной направленности (для уменьшения



стереотипизации подходов), в группе имеется лишь несколько человек, сведущих в рассматриваемой проблеме.

2. «Запрет критики» — чужую идею нельзя прерывать, критиковать, можно лишь похвалить, развить чужую идею или предложить свою.

3. Участники должны быть в состоянии релаксации, т. е. состоянии психической и мышечной расслабленности, комфорта. Кресла должны быть расположены по кругу.

4. Все высказываемые идеи фиксируются (на магнитофоне, в стенографических записях) без указания авторства.

5. Собранные в результате брейнсторминга идеи передаются группе экспертов — специалистов, занимающихся данной проблемой, для отбора наиболее ценных идей. Как правило, таких идей оказывается примерно 10 процентов. Участников в состав «жюри-экспертов» не включают.

Эффективность «мозговых штурмов» высока. Так, в одной из американских фирм на 300 заседаниях «мозгового штурма» предложили 15 тысяч идей, из которых 1,5 тыс. идей были незамедлительно реализованы. «Мозговой штурм», которые ведет группа, постепенно накапливающая опыт решения различных задач, положен в основу так называемой синектики, предложенной американским ученым У. Гордоном. При «синектическом штурме» предусмотрено обязательное выполнение четырех специальных приемов, основанных на аналогии: прямой (подумайте, как

решаются задачи, похожие на данную); личной, или эмпатии (попробуйте войти в образ данного в задаче объекта и рассуждать с этой точки зрения); символической (дайте в двух словах образное определение сути задачи); фантастической (представьте, как бы эту задачу решали сказочные волшебники).

Еще один способ активации поиска — **метод фокальных объектов**. Он состоит в том, что признаки нескольких случайно выбранных объектов переносят на рассматриваемый (фокальный, находящийся в фокусе внимания) объект, в результате чего получаются необычные сочетания, позволяющие преодолеть психологическую инерцию и косность. Так, если случайным объектом взят «тигр», а фокальным — «карандаш», то получаются сочетания типа «полосатый карандаш», «клыкастый карандаш» и т.д. Рассматривая эти сочетания и развивая их, иногда удается прийти к оригинальным идеям.

Метод морфологического анализа заключается в том, что в начале выделяют главные характеристики объекта — оси, а затем по каждой из них записывают всевозможные варианты-элементы.

Так, рассматривая проблему запуска автомобильного двигателя в зимних условиях, можно взять в качестве осей источники энергии для подогрева, способы передачи энергии от источника к двигателю, способы управления этой передачей и т. д. Элементами же для оси «источники энергии» могут быть аккумулятор, химический генератор тепла, бензогорелка, работающий двигатель другой машины, горячая вода, пар и т. д. Имея запись по всем осям и комбинируя сочетания разных элементов, можно получить большое число всевозможных вариантов. В поле зрения при этом могут попасть и неожиданные сочетания, которые едва ли пришли бы в голову.

Способствует интенсификации поиска и метод **контрольных вопросов**, который предусматривает применение для этой цели списка наводящих вопросов, например, «А если сделать наоборот? А если изменить форму объекта? А если взять другой материал? А если уменьшить или увеличить объект?» и т. д.

Все рассмотренные методы активизации творческих мыслительных возможностей предусматривают целенаправленную стимуляцию ассоциативных образов (воображения).

Научное творчество и особенно творчество в искусстве опирается на воображение, которое, в свою очередь, неразрывно связано с эмоциями и чувствами человека.

Воображение — психический процесс, заключающийся в создании новых образов (представлений) путем переработки материала восприятий и представлений, полученных в предшествующем опыте.

Воображение как своеобразная форма отражения действительности осуществляет мыслительный отход за пределы непосредственно воспринимаемого, способствует предвосхищению будущего, «оживляет» то, что было ранее.

Воображение может быть **пассивным** (сновидения, грезы) и **активным**, которое, в свою очередь, разделяют на воссоздающее (создание образа предмета по его описанию) и творческое (создание новых образов, требующих отбора материалов в соответствии с замыслом).

Мечта — вид творческого воображения, связанного с осознанием желаемого будущего.

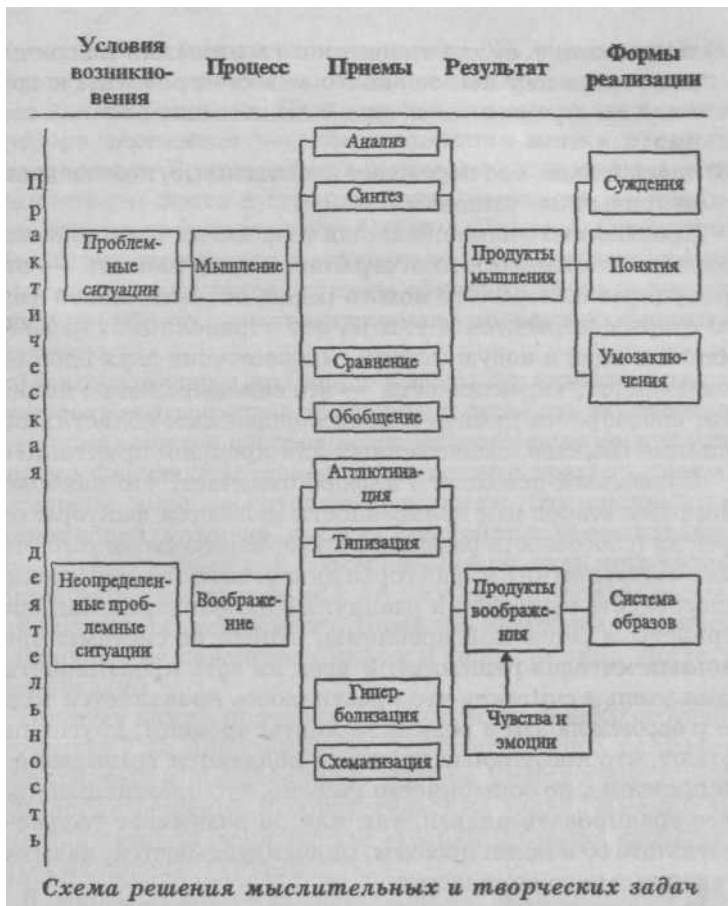
Этапы творческого воображения

- возникновение творческой идеи;
- «вынашивание» замысла;
- реализация замысла.

Синтез, реализуемый в процессах воображения, осуществляется в различных формах:

- *агглютинация* — «склеивание» различных, в повседневной жизни несоединимых, качеств, частей;
- *гиперболизация* — увеличение или уменьшение предмета, а также изменение отдельных частей;
- *схематизация* — отдельные представления сливаются, различия сглаживаются, а черты сходства выступают четко;
- *типизация* — выделение существенного, повторяющегося в однородных образах;
- *заострение* — подчеркивание каких-либо отдельных признаков.

У людей «среднего ума» интеллект и творческие способности обычно тесно связаны друг с другом. У человека с нормальным интеллектом обычно имеются и нормальные творческие способности. Лишь начиная с определенного уровня, пути интеллекта и творчества расходятся. Этот



уровень лежит в области IQ (коэффициента интеллекта), равного 120. Коэффициент интеллекта можно измерить тестами.

В настоящее время для оценки интеллекта чаще всего используют тест *Стенфорд—Бине* и шкалы *Векслера*. При IQ выше 120 корреляция между творческой и интеллектуальной деятельностью исчезает, поскольку творческое мышление имеет свои отличительные черты и не тождественно интеллекту.

Творческое мышление:

- 1) **пластично**, т. е. творческие люди предлагают множество решений в тех случаях, когда обычный человек может найти лишь одно или два;

- 2) **подвижно**, т. е. для творческого мышления не составляет труда перейти от одного аспекта проблемы к другому, не ограничиваясь одной-единственной точкой зрения;
- 3) **оригинально**, оно порождает неожиданные, небанальные, непривычные решения.

Креативность как показатель творческих возможностей человека понимается многогранно: «креативность — это продуцирование чего-то нового (идеи, объекта, новой формы старых элементов и т. п.)», это «трансляция, перевод знаний и идей в новую форму», «пересечение двух идей одновременно», «креативность — это самовыражение личности, способность думать в неисследованных областях без влияния обычаев, свойственных для прошлой практики».

Известный психолог *Гилфорд* отмечает, что наиболее важными сторонами креативности являются факторы открытия (способность развивать информацию сверх того, что дает стимуляция) и факторы дивергентного мышления (способность выходить в различные направления над пространством решаемой проблемы, отойти от системы привычных методов решения). У всех ли есть креативность? Одни ученые считают, что креативность проявляется только у особых людей в редкие моменты времени, другие полагают, что креативные процессы поддаются тренировке и расширению, но большинство уверено, что креативный процесс тренировать нельзя, так как он возникает только в результате сочетания проблем, индивидуальностей, навыков и специального окружения.

Творцом так же, как и интеллектуалом, не рождаются. Все зависит от того, какие возможности предоставит окружение для реализации того потенциала, который в различной степени присущ каждому из нас. Как отмечает *Фергюсон*, «творческие способности не создаются, а высвобождаются». Поэтому игровые и проблемные методы обучения способствуют «высвобождению» творческих возможностей учащихся, повышению интеллектуального уровня и профессиональных умений.

Мысль о необходимости разработки эффективных методов решения творческих задач высказывалась давно, по крайней мере, со времени древнегреческого математика *Паппа*, в сочинениях которого впервые встречается слово

«эвристика». Однако лишь в середине XX века стало очевидным, что создание таких методов не только желательно, но и необходимо. Появление методов активизации перебора вариантов — знаменательная веха в истории человечества. Впервые была доказана на практике возможность — пусть в ограниченных пределах — управлять творческим процессом. *Осборн, Цвикки, Гордон* показали, что способность решать творческие задачи можно и нужно развивать посредством обучения. Был подорван миф об «озарении», не поддающемся управлению и воспроизведению.

Но все известные на Западе методы активизации мышления сохранили старую технологию решения творческих задач, связанную с перебором вариантов решения той или иной проблемы. Сегодня ж недопустимо тратить время, средства и силы на «пустые» варианты. Это сравнимо с шахматистом, который, не зная простейших правил и приемов, годами думает над ходом е2 — е4. А ведь метод проб и ошибок связан не только с огромными потерями времени и сил при решении задач. Пожалуй, наибольший ущерб он наносит, не давая возможности своевременно увидеть новые задачи.

Поэтому важно подчеркнуть приоритет нашего соотечественника *Г.С. Альтшуллера*, разработавшего наиболее эффективные и обоснованные методы качественно новой технологии решения изобретательских задач. Именно он является автором современной «теории решения изобретательских задач» (ТРИЗ).

В основе ТРИЗ — представление о закономерном развитии технических систем. Материалом для выявления конкретных закономерностей является патентный фонд, содержащий описания миллионов изобретений. Ни в одном другом виде человеческой деятельности нет такого огромного и систематизированного свода записей «задача — ответ».

Анализ патентных материалов позволил Альтшуллеру выявить ряд важнейших законов развития технических систем.

Особое внимание в этом методе сосредоточено на центральных этапах творческого процесса — анализе задачи и формировании новой идеи, поначалу кажущейся невероятной.

Г.С. Альтшуллер пишет, что «суть ТРИЗ в том, что она принципиально меняет технологию производства новых технических идей. Вместо перебора вариантов ТРИЗ предлагает мыслительные действия, опирающиеся на знание законов развития технических систем. Мир творчества становится неограниченно управляемым и потому может быть неограниченно расширен»⁶.

Г.С. Альтшуллер также предложил новый алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ).

Основой АРИЗ является программа последовательных операций по анализу неопределенной (а зачастую и вообще неверно поставленной) изобретательской задачи и преобразование ее в четкую схему (модель) конфликта, не разрешимого обычными (ранее известными) способами. Анализ модели задачи приводит к выявлению физического противоречия. Параллельно идет исследование имеющихся вещественно-полевых ресурсов. Используя эти (или дополнительно введенные) ресурсы, разрешают физическое противоречие и устраняют конфликт, из-за которого возникла задача. Далее программа предусматривает развитие найденной идеи, извлечение из этой идеи максимальной пользы.

В программе — в самой ее структуре и правилах выполнения отдельных операций — отражены объективные закономерности развития технических систем.

Поскольку программу реализует человек, АРИЗ предусматривает операции по управлению психологическими факторами. Эти операции позволяют гасить психологическую инерцию и стимулировать работу воображения. Значительное психологическое воздействие оказывает само существование и применение АРИЗ: программа придает уверенность, позволяет смелее выходить за пределы узкой специальности и, главное, все время ориентирует работу мысли в наиболее перспективном направлении. АРИЗ имеет и конкретные психологические операторы, форсирующие воображение.

I Здоровье и работоспособность

Современное естествознание рассматривает человека как целостный природный и социокультурный феномен.

В этих целях необходимо выделить некоторую часть свода социоприродных изменений человека и проанализировать их как интегральное образование, неразделимую совокупность. В качестве такой совокупности может быть выделена триада измерений, включающая космопланетарное измерение (биосферно-ноосферное, погруженное в космическую среду мира), эволюционно-экологическое и, наконец, измерение, выражающее состояние человеческого здоровья преимущественно на популяционном уровне. Данная триада в целом отражает фундаментальные неразрывные взаимосвязи человека и окружающего его космопланетарного мира. Совокупность социоприродных измерений человека определяется, в частности, следующими закономерностями организованности монолита живого вещества. Во-первых, это взаимодействие живого вещества с потоком солнечной радиации и перевод энергии последнего в связанную энергию форм живого вещества, выступающих как трансформаторы космической энергии; во-вторых, действие двух биогеохимических законов (законов *Вернадского* — *Бауэра*), обуславливающих максимизацию живыми организмами биогеохимической энергии в биосфере; в-третьих, проявление принципа *Реди* (принципа запрета в отношении абиогенеза⁷), согласно которому все виды земных организмов происходят от других. Функции здоровья популяций, рассчитанные в соответствующих коэффициентах (человеко-часах), параметры их взаимодействия и лимитирования применительно к данным экологическим свойствам среды могут служить показателями потенциала экологического здоровья человека, социально-трудового потенциала общества.

Здоровье человека во многом связано с эволюционно-экологическими основами его психофизической деятельности.

Исследования показали, что в современной популяции людей формируются и новые варианты гено- и фенотипов человека. Морфотипы, которые в прежнее время развивались в соответствии с различными относительно постоян-

ными природно-экологическими и социальными условиями, теряют свои преимущества. Ритмы жизни, урбанизация, миграция, современные биосферно-ноосферные экологические изменения в целом предъявляют к людям новые требования. Формируются генофенотипические свойства, которые наиболее адекватно отвечают современным психофизиологическим, социальным потребностям жизни.

Более ста лет назад выдающийся французский биолог и медик *К. Бернар* выдвинул **идею единства здоровья и болезни** и, по существу, обосновал учение о гомеостазе. К мысли о гомеостазе он пришел на основе опыта медицины и собственных экспериментальных наблюдений. В лекциях о жизни животных и растений в 1878 году Бернар обобщил этот свод данных. Утверждая единство здоровья и болезни, великий естествоиспытатель писал: «Физиология болезней, конечно, включает в себе процессы, которые могут быть присущи им специально, но их законы абсолютно тождественны с законами, управляющими функциями жизни в здоровом состоянии».

Таким образом, учение о гомеостазе основано на убеждении в единстве здоровья и болезни. Поддержание внутренней среды как условие свободы жизни — таков сегодня принятый большинством в качестве истины принцип общей патологии. Эта идея пронизывает современные обобщающие руководства по общей патологии человека: «Компенсаторно-приспособительные реакции, обеспечивающие гомеостаз, не являются какими-то особыми реакциями организма, а представляют собой разнообразные комбинации его функций, развертывающиеся на той же, что и в норме, материальной основе, но протекающие, как правило, с большей, чем обычно, интенсивностью и нередко сопровождающиеся появлением своеобразных тканевых изменений».

И.В. Давыдовский, по-видимому, был глубоко прав, полагая, что **здоровье и болезнь — это два качественно различных феномена, которые могут сосуществовать в индивидууме**. В частности, ученый высказал правильное утверждение: **сам организм (его центральная нервная система) может быть организатором патологических процессов**. Это утверждение он обосновывал результатами большого количества экспериментов. Но один момент высказанной *И.В. Давыдовским* мысли следует уточнить: **организация**

(самоорганизация) патологического процесса есть организация адаптивной программы в экстремальных, аварийных условиях среды, а «патология» есть организованный вариант жизни (выживания) на основе видовой программы приспособления вида. Идеи такого рода присутствуют в работах *Н.П. Бехтеревой, Г.Н. Кржижановского* и других ученых.

В чем же основное противоречие и единство феноменов здоровья и болезни? Во-первых, человеческий организм, как и все «отдельности» живого вещества, теленомичен (целенаправлен). Каждый индивид социально-биологически теленомичен по двум программам бессмертия: в продолжении рода и в социально-культурной активности. В обычной жизни в экстремальных условиях возможны «отказы», минимизация психофизиологических функций, что будет субъективно и объективно проявляться в дискомфорте, в таких состояниях, которые сам индивид может причислить к категории патологии и болезни.

Во-вторых, если индивид имеет внутреннюю психоэмоциональную установку на здоровье (в его обычном, житейском общепринятом понимании) как высшую ценность и цель жизни, то, как правило, этот индивид избегает трудностей, высокого риска, напряженного поиска борьбы. Восприятие состояний здоровья и болезни у таких людей будет иным, нежели у тех, кто расценивает свою жизнь как путь достижения высших социальных целей, а само здоровье в таком движении жизни — как средство. Людям с этой последней установкой свойственны **пассионарность**⁸, подвижничество, творческий порыв, неистовость поиска, стремление к достижению высших целей. Такое направленное психоэмоциональное напряжение, реакцию принято обозначать как **реакцию Прометея**, отделяя ее от столь неоправданно распространенной на любые болезненные состояния реакции стресса у человека. Реакция Прометея характеризуется изменением порогов сенсорных систем вследствие изменения психоэмоциональной установки так, что раздражители, ранее болезненные, патогенные, оказываются нейтральными, их действие затормаживается. Примеры таких реакций многочисленны. Описаны явления, когда реакция Прометея охватывала всю жизнь человека — такова была жизнь *М.Л. Ломоносова, И. Канта, Б. Римана, В.Л. Вернадского*.

Есть и интересные примеры внушенной (наяву или под гипнозом) физической или психоэмоциональной пониженной чувствительности и, наоборот, внушенных (самовнушенных) патологических состояний. Это лишь отдельно взятые явления. В целом же изменение уровней чувствительности, реактивности организма постоянно имеет место у каждого человека на протяжении его жизни.

В экстремальных условиях (в случае перегрузки, травмы, инфекции, интоксикации и др.) видовая аварийная программа реализуется в том, что существенно (иногда до возможного минимума) сокращается внешняя работа и **все резервы направляются на развитие новых внутренних функционально-морфологических механизмов сохранения жизнеспособности**, выживания, выздоровления. Организм перестраивает свою жизнедеятельность в максимально закрытом режиме. Вся эта перестройка на основе видовой аварийно-адаптивной программы для данного индивида, по существу, есть необходимое его вовлечение в процесс эволюционно-видового выживания (адаптации вида).

Естественно, **что относительно обычной, здоровой жизнедеятельности такая перестройка оценивается как нечто внешнее, как болезнь**. Ясно, что это — новое качество жизнедеятельности индивида на основе видовой адаптивной программы, которое И.В. Давыдовский справедливо назвал **адаптацией через болезнь**. Здесь термин «болезнь» относится к индивиду, к его жизнедеятельности в обычных условиях среды, а понятие «адаптация» отражает более масштабную закономерность видового гомеостаза.

Вероятно, антропоэкологические взгляды древних на то, что здоровье и болезнь суть разные качества жизни, в своей основе справедливы. Как утверждал *С.П. Боткин* в знаменитой речи в Военно-медицинской академии (1886 г.), «человек мало-помалу приспособился к различным колебаниям внешних условий, передавая своему потомству постоянно нарастающую способность приспособления, которая в значительной степени увеличивалась с помощью знания и искусства, приобретаемых путем наблюдения и ответа: **«Реакция организма на вред недействующие на него влияния внешней среды и составляет сущность больной жизни»**.

В работах российских клиницистов, патологов были намечены пути решения проблем общей патологии, сфор-

мулированы основы видения проблем гомеостаза, феноменов здоровой и нарушенной жизни, предприняты попытки обосновать понимание здоровья и болезни как диалектического единства и противоположности.

При анализе специфики здоровья в указанном отношении следует четко разграничивать здоровье отдельного человека и здоровье популяции. Здоровье индивида есть динамический процесс сохранения и развития его социально-природных, биологических, физиологических и психических функций, социально-трудовой, социокультурной и творческой активности при максимальной продолжительности жизненного цикла. Здоровье популяции в отличие от этого представляет собой процесс долговременного социально-природного, социально-исторического и социо-культурного развития жизнеспособности и трудоспособности человеческого коллектива в ряду поколений. Это развитие предполагает совершенствование психофизиологических, социокультурных и творческих возможностей людей.

Здоровье популяции и индивида является необходимой предпосылкой интеллектуального здоровья человека, полноценной реализации его творческих возможностей. И наоборот, когда социально-исторические условия препятствуют полноценному развитию интеллектуального здоровья, в высокой степени вероятно такое отрицательное следствие, как снижение общего уровня здоровья популяции, выраженное в показателях заболеваемости и смертности, росте хронической патологии и т. д.

Необходимо говорить о триаде важнейших функций популяционного здоровья. В измеримых коэффициентах человеко-часов эти три функции определяются следующим образом. Функция 1 — *конкретный живой труд, или совокупность психофизических затрат в ходе производственной деятельности*, которые совершаются работающими индивидами внутри данной популяции. Функция 2 — *социально-биологическое воспроизводство последующих поколений*, с которыми связано существование института семьи. Функция 3 — *воспитание и обучение последующих поколений*, усвоение ими совокупности умений, навыков и знаний, необходимых для успешной социально-производственной, творческой деятельности, для полноценного воспроизводства следующих поколений людей.

Комплексные научно-практические меры должны быть направлены на сбалансированное, взаимосвязанное развитие этих функций, обеспечивающее увеличение социально-трудового потенциала населения, сохранение и развитие здоровья людей. Фактически речь идет о разработке систем жизнеобеспечения, учитывающих специфику различных в природно-экологическом отношении территорий.

Больше всего на свете люди хотят иметь хорошее здоровье. Здоровье — это проблема номер один. Отлично, но пробовали ли вы определить, что же все-таки означает здоровье?

В 1947 году Всемирная организация здравоохранения, основанная по инициативе ООН, предложила краткую формулировку термина «здоровье». **Здоровье — это состояние полного физического, умственного и социального благополучия.** Оказывается, каждый человек рождается на свет с определенным запасом жизненной энергии, которой и определяется его жизненная роль. Этот запас у людей разный.

Жизненная энергия, которую мы получили при рождении, подобна банковскому денежному вкладу, который мы можем расходовать по своему желанию, но который мы никогда не сможем пополнить. Только постоянный контроль над ее расходами поможет нам разумно использовать это сокровище.

Когда организм переживает состояние стресса, все его жизненно важные системы подвергаются перенапряжению, будь то сердце, почки, желудок или другие органы. Они выходят из строя в зависимости от того, какой из них наиболее уязвим у каждого конкретного человека.

Образ жизни значительного процента пациентов в возрасте до 60 лет, страдающих сердечными приступами, назван учеными типом «А». Подобные личности склонны к соперничеству и постоянной спешке. Другими словами, их образ жизни такой, что они находятся в постоянном состоянии стресса.

«Многие полагают, что после того как они подверглись действию чрезвычайных раздражителей, отдых может им вернуть прежнее состояние и силы. Это неверно. Эксперименты на животных ясно показали, что каждое такое воздействие оставляет неизгладимый след, ибо израсходованные адаптационные резервы не могут быть восста-

новлены»⁹. Попытка избежать всех форм стресса — не выход из положения. Исследования показали, что сокращение активности также ведет к сокращению жизни.

Расточать жизнь, «сжигая» ее с ранних лет, столь же безрассудно, как и «ржаветь» от бездеятельности. Во многих случаях успех в жизни зависит от умеренности и равновесия.

Каждый из нас имеет два возраста, принимаемых во внимание. Первый — это наш **хронологический возраст** — здесь мы ничего изменить не можем. Мы рождаемся в определенный день, и с этой поры календарь начинает терять листок за листком. Но есть также и **физиологический возраст**, с которым мы можем кое-что сделать. Какой бы ни был ваш хронологический возраст, вы можете сделать нечто значительное со своим физиологическим возрастом только при условии, что действительно хотите этого.

Если у вас есть определенная программа, нужно неукоснительно придерживаться ее. Спортсмены знают, что две недели вынужденного бездействия снижают их силы и возможность хорошо выступить на соревнованиях на 25 %. Но чтобы восстановить прежнюю форму, потребуется уже не две недели, а шесть. Поэтому борьба за свое здоровье не должна вестись от случая к случаю. Она должна стать новым образом жизни.

Еще во времена Гиппократы, отца медицины, было известно, что человеческие эмоции связаны с заболеваниями. Но только в 1818 году *Гейнрус* применил новый термин, которым стали часто пользоваться при описании подобных феноменов, — **психосоматические заболевания**. Греческое «психе» означает душа, «сома» — тело. Итак, мы имеем дело с «душевно-телесными» заболеваниями. При всех заболеваниях имеется взаимосвязь между эмоциями и состоянием организма. Почти все больные, независимо от того, знали они об этом или нет, имели предшествующие заболевания эмоциональные переживания.

Когда человек не справляется с критическими стрессовыми состояниями, то его мозг или организм обязательно выходят из строя. И если развивается какое-то заболевание, оно ударяет по самым уязвимым местам нашего организма. Где проявит себя болезнь, зависит от того, какие органы оказались «повышенно чувствительны» в ре-

зультате перенесенных детских заболеваний, наследственной предрасположенности или состояния нервной системы.

Эмоциональные стрессы влияют на организм двумя основными путями. Эмоции, связанные с проявлением враждебности, вызывают повышенную реакцию организма, а такие чувства, как страх или уныние — пониженную.

Доказано, что бактерии не начинают своей разрушительной работы в организме человека, пока какой-то внешний, будь то физический или химический, раздражитель не даст им такую возможность. Другими словами, люди, которые часто болеют, обычно бывают не в состоянии противостоять стрессу без каких-либо последствий. Если вы хотите избежать болезни, старайтесь держать себя в отличной физической форме. Это «сорвет все планы» микробов.

Неплохо также **стараться избегать состояния, ведущего к эмоциональному перенапряжению.**

Доктор *Аллан Мейджи* замечает: «Если на человеческий организм внезапно воздействовать кратковременным или длительным шумом, он отвечает той же реакцией, что и при эмоциях гнева или страха». Очень важно избегать шума, насколько это возможно.

Думайте всегда о хорошем. Соломон, один из мудрейших людей, когда-то живших на земле, говорил: «Веселое сердце благотворно, как врачевство, а унылый дух сушит кости».

Подобно тому как **мрачные мысли могут вывести вас из строя**, так светлые и добрые помогут **сохранить** наилучшее здоровье. Два следующих ниже списка могут помочь вам в этом, напомнив о том, чего необходимо избегать и к чему следует стремиться.

<i>Могут привести к заболеванию</i>	
Подавленность	Горе
Сознание вины	Угрызения совести
Сомнение	Гнев
Эгоизм	Страх
Печаль	Зависть
Тревога	Разочарование
Недовольство	Ревность
<i>Способствуют хорошему здоровью</i>	
Чувство удовлетворения	Любовь
Сознание правоты	Сознание полезности

Бодрость
Смелость
Надежда
Вера
Сочувствие

Благодарность
Доверие
Спокойствие
Удовлетворенность
Служение другим

Твердо решитесь подняться над всеми трудностями жизни — и она будет долгой, здоровой и счастливой.

Сотрудничайте с природой в ее стремлении восстановить нарушенный баланс и гармонию в системах организма. Наконец, изучайте все, что можно, о природных средствах лечения. **Свежий воздух, солнечный свет, умеренность, отдых, физические упражнения, вода и правильное питание** — необходимые факторы здоровья и долголетия.

Деятельность — закон всего нашего существования, бездеятельность — причина болезней.

Среди физически пассивных людей инфаркт миокарда встречается в два раза чаще, чем среди людей физически активных.

Польза человеческому организму от физических упражнений неопределима. Упражнения:

- 1) улучшают кровообращение;
- 2) предупреждают преждевременные сердечные заболевания;
- 3) увеличивают доставку кислорода организму;
- 4) способствуют пищеварению;
- 5) успокаивают нервы и уравнивают эмоции;
- 6) повышают сопротивляемость организма к заболеваниям;
- 7) снимают усталость;
- 8) укрепляют мышцы, кости и связки;
- 9) придают фигуре стройность;
- 10) обостряют умственные способности;
- 11) усиливают самообладание, развивают ловкость;
- 12) помогают противостоять неожиданным стрессам, будь то физические или эмоциональные;
- 13) улучшают функции желез;
- 14) развивают силу, уверенность и волю;
- 15) содействуют правильной оценке окружающей действительности и других людей;
- 16) способствуют крепкому сну.

Мало кто реально представляет себе, какую роль играет вода в нашей жизни. На 50-65 % человеческий организм

состоит из воды. Мышцы содержат 75 % воды, и даже в костях ее больше 20 %. Каждая клетка нуждается в жидкости. Все химические и электрические процессы в организме совершаются в жидкой среде. В среднем человек должен выпивать как минимум **в стаканов воды** ежедневно. Распланируйте питье **воды таким образом**: два стакана сразу после подъема утром, **два** — в середине дня, между завтраком и обедом, и два стакана во второй половине дня.

Для нормального функционирования наш организм нуждается в определенном количестве поваренной соли. Чрезмерное употребление соли может привести к серьезным проблемам, в частности, к повышению кровяного давления.

Всем известно пагубное влияние сахара на состояние зубов. Научные исследования показали, что избыточное потребление сахара значительно повышает уровень холестерина в крови, а это может привести к заболеваниям сердца.

Так как мозгу для обмена веществ необходима глюкоза, всякое нарушение содержания сахара в кровяном русле приводит к нарушению работы клеток мозга.

Подсчитано, что одна белая клетка крови — лейкоцит — может уничтожить около 14 вражеских бактерий.

Доведите потребление сахара до 24 чайных ложек в сутки — и лейкоцит «в рукопашном бою» сможет одолеть лишь одну бактерию. Те, кто употребляет много сахара, открыты для многочисленных инфекционных заболеваний.

Доказано не только то, что вегетарианская диета стоит наравне с мясной, но и то, что во многих отношениях она значительно лучше. С употреблением в пищу мяса связаны определенные опасности. Животные жиры содержат холестерин, которого нет в жирах растительного происхождения. А мы уже говорили, что холестерин тесно связан с возникновением сердечно-сосудистых заболеваний. В тканях животных содержатся отработанные продукты, которые должны выводиться почками. Каждый, кто ест мясо, прибавляет, таким образом, эти шлаки к своим собственным, нагружая дополнительной работой почки. Из более чем 200 заразных болезней животных половина опасна и для человека, и более 80 из них легко передаются между позвоночными животными и человеком. Недавно было об-

наружено, что в небольшом куске поджаренного мяса весом около килограмма содержится столько же бензопирена, сколько в 600 выкуренных сигаретах. Бензопирен — канцерогенное вещество. У подопытных мышей он вызывает опухоли желудка и лейкоз.

С избыточным потреблением мяса мы вводим в организм много пуриновых оснований, экстрактивных веществ, вызывающих кишечное гниение и отравляющих организм. Установлено, что обильная мясная пища подавляет деятельность полезной микрофлоры, обитающей в нашем кишечнике. На переваривание мяса уходит очень много энергии, требуется слишком обильный прилив крови к желудочно-кишечному тракту.

Мясная пища, как известно, изобилует токсическими продуктами обмена веществ, подлежащими выбросу из организма. Об этом знали еще в странах Древнего Востока. Там даже существовала своеобразная казнь: приговоренных к смерти кормили только вареным мясом, и они умирали от самоотравления на 28-30 день, т. е. гораздо раньше, чем при полном голодании.

Потребление чрезмерного количества животных жиров ведет к увеличению содержания в крови наиболее крупных жировых шариков — хиломикрон, регуляция их содержания в крови нарушается, одновременно повышается свертываемость крови. Все это вместе взятое способствует нарушению кровотока. Это особенно опасно для сердца больных атеросклерозом. Все больше и больше здравомыслящие и обеспокоенные люди склоняются к вегетарианскому образу жизни, и они вознаграждаются лучшим здоровьем.

Бывает, что человек чувствует себя хорошо, все органы и системы работают, казалось бы, нормально, но достаточно легкого сквозняка — и он уже во власти недуга: на несколько дней слег в постель с высокой температурой. Выходит, что даже при нормальных качественных показателях организм может быть чрезвычайно уязвимым, а значит, не абсолютно здоровым. И совершенно справедливо предлагает академик *Н.М. Амосов* ввести новый медицинский термин «количество здоровья» для обозначения меры резервов организма. Есть скрытые резервы сердца, почек, печени. Выявляются они с помощью различных нагрузочных проб. Здоровье — это количество резервов в организ-

ме, это максимальная производительность органов при сохранении качественных пределов их функций.

Сегодня вместо 100 лет мы живем в среднем 70, т. е. наша жизнь укорачивается на 30 лет. Первой причиной этого, отнимающей у нас примерно 20 лет, можно считать повседневную нагрузку на мозг — болезни, переживания, неправильный образ жизни; все это как бы бьет по мозгу и вызывает его преждевременное изнашивание. Второй причиной, отнимающей у нас примерно 10 лет, является указанное *И.И. Мечниковым* самоотравление гнилостными веществами из толстого кишечника. Регулярно употребляя кисломолочные продукты, мы имеем все основания надеяться выиграть 10 лет здоровой жизни.

Одного ученого спросили: «Как удлинить жизнь?» Он ответил: «Прежде всего — не укорачивать ее».

Секрет долголетия кроется в пяти условиях жизни: закаленное тело, здоровые нервы и хороший характер, правильное питание, климат, ежедневный труд.

Правильный образ жизни *И.И. Мечников* называл ортобиозом («орто» — прямой, правильный; «био» — связанный с жизнью).

Кратко рассмотрим **восемь важнейших условий ортобиоза** — какими они представляются с точки зрения современной науки. Прежде всего следует снова назвать **труд**, являющийся важнейшим условием физиологического благополучия. Органы-тунеядцы быстро чахнут.

Важнейшим условием ортобиоза является **нормальный сон**. Дирижером симфонии жизни, старящимся в первую очередь, является мозг. Средством же восстановления его сил, даваемым самой природой, служит в первую очередь состояние сна. Понятно поэтому, что правильное использование этого блага абсолютно необходимо.

Следующее условие — **служба доброго настроения, положительные эмоции**. Их обеспечивают доброжелательное отношение к другим людям, юмор, оптимизм. Надо фиксировать внимание **на** хорошем и уметь радоваться ему.

Положительные эмоции уменьшают болевые ощущения. Согласно теории, которую разработали американские ученые *Р. Мелзак* и *П. Уолл*, положительные эмоции как бы закрывают «болевого шлагбаум» в сером веществе спинного мозга, а отрицательные, наоборот, открывают его. Положительные эмоции — универсальный исцелитель от

многих недугов, иногда даже от такого тяжелого заболевания, как рак. Например, американские ученые утверждают, что в Нью-Йорке зарегистрировано 20 больных раком, которые излечились от него, не прибегая к помощи ни специальных фармакологических веществ, ни радиоактивного излучения: всего-навсего с помощью положительных эмоций (новая любовь, коренные изменения в жизни, общий оптимистический настрой).

Среди условий правильного образа жизни весьма существенным является **рациональное питание**. Рациональным оно должно быть по качеству, по количеству и по режиму. Знаменитый кардиолог *Уайт* правильно говорил: чтобы не болеть атеросклерозом и дольше прожить, надо не злоупотреблять двумя вещами: желудком и будильником, т. е. есть не досыта, а спать по потребности.

Избегать алкоголя и никотина — важное условие ортобиоза. Алкоголь — яд для всех клеток тела. Слабеют нервные процессы, особенно тормозной. Дрябнет сердечная мышца. Неблагоприятное действие оказывает алкоголизм родителей на потомство, повышая число детей с психохимическими и физическими дефектами. От алкоголя тяжело страдает печень — она перестает должным образом выполнять свою барьерную, защитную роль. Кишечные яды все свободнее проникают в кровь, и закономерный конец алкоголика — тяжелое отравление этими ядами, известное под наименованием «белой горячки». Табачный яд — целый букет вредностей. Никотин — нервно-сосудистый яд. Он бьет современного человека в самое больное место — усиливает атеросклероз. От инфаркта миокарда курящие умирают в 11 раз, от рака легких в 13 раз чаще, чем некурящие. Живут они на 10 лет меньше.

Соблюдение режима, т. е. выполнение определенной деятельности организма в определенное время, приводит к образованию в мозгу условных рефлексов на время. В результате привычное время еды настраивает организм на принятие и переваривание пищи, привычное время для работы — на соответствующую форму деятельности. Мозгу не приходится каждый раз «раскачиваться», настраиваясь на новую деятельность — само время готовит его к данной работе. В силу этого, во-первых, мозг экономит ресурсы, во-вторых, работа протекает лучше. Понятно, что человек, со-

блюдающий режим, имеет больше шансов на здоровье и долголетие.

Закаливание организма — важное условие ортобиоза. Под закаливанием понимают процесс приспособления организма к неблагоприятным внешним воздействиям, главным образом к ходовому фактору, причем приспособление это достигается путем использования естественных сил природы — солнечных лучей, воздуха, воды.

Наконец, **физические упражнения, достаточный объем двигательной активности**; это — важнейший элемент физической культуры и правильного образа жизни.

Валеология

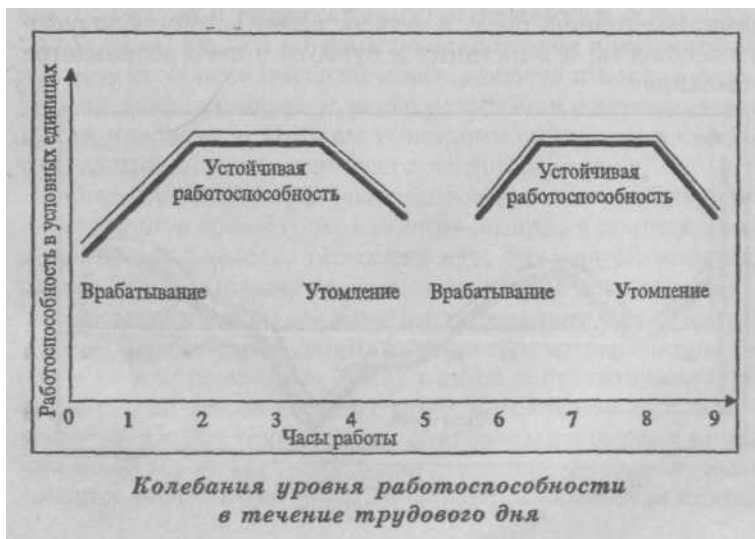
Что такое **работоспособность**? Обычно отвечают — это способность к выполнению работы. О деятельности организма по выполнению произведенных затрат, как правило, забывают. Поэтому правильнее будет сказать, что, с физиологической точки зрения, работоспособность определяет возможности организма при выполнении работы к поддержанию структуры и энергозапасов на заданном уровне. В соответствии с двумя основными типами работ — физической и умственной — различают физическую и умственную работоспособность.

Говоря о **работоспособности**, выделяют **общую** (потенциальную, максимально возможную работоспособность при мобилизации всех резервов организма) и **фактическую** работоспособность, уровень которой всегда ниже. **Фактическая работоспособность** зависит от текущего уровня здоровья, самочувствия человека, а также от типологических свойств нервной системы, индивидуальных особенностей функционирования психических процессов (памяти, мышления, внимания, восприятия), от оценки человеком значимости и целесообразности мобилизации определенных ресурсов организма для выполнения определенной деятельности на заданном уровне надежности и в течение заданного времени при условии нормального восстановления расходуемых ресурсов организма.

В процессе выполнения работы человек проходит через различные фазы работоспособности. **Фаза мобилизации** характеризуется предстартовым состоянием. При **фазе вработываемости** могут быть сбои, ошибки в работе, орга-

низм реагирует на данную величину нагрузки с большей силой, чем это необходимо; постепенно происходит приспособление организма к наиболее экономному, оптимальному режиму выполнения данной конкретной работы.

Фаза оптимальной работоспособности (или фаза компенсации) характеризуется оптимальным, экономным режимом работы организма и хорошими, стабильными результатами работы, максимальной производительностью и эффективностью труда. Во время этой фазы несчастные случаи крайне редки и происходят, в основном, по причине объективных экстремальных факторов или неполадок оборудования. Затем, во время фазы **неустойчивости компенсации (или субкомпенсации)**, происходит своеобразная перестройка организма: необходимый уровень работы поддерживается за счет ослабления менее важных функций. Эффективность труда поддерживается уже за счет дополнительных физиологических процессов, менее выгодных энергетически и функционально. Например, в сердечно-сосудистой системе обеспечение необходимого кровоснабжения органов осуществляется уже не за счет увеличения силы сердечных сокращений, а за счет возрастания их частоты. Перед окончанием работы, при наличии достаточно сильного мотива к деятельности, может наблюдаться также фаза «конечного порыва».



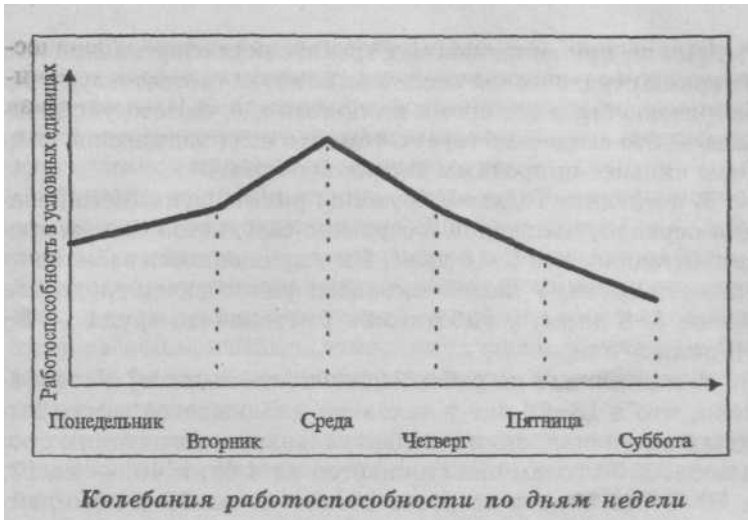
При выходе за пределы фактической работоспособности, во время работы в сложных и экстремальных условиях, после фазы неустойчивой компенсации наступает **фаза декомпенсации**, сопровождаемая прогрессирующим снижением производительности труда, появлением ошибок, выраженными вегетативными нарушениями — учащением дыхания, пульса, нарушением точности координации.

Первый этап — вработывание — приходится, как правило, на первый час (реже на два часа) от начала работы. Второй этап — устойчивой работоспособности — длится последующие 2-3 часа, после чего работоспособность вновь снижается (этап некомпенсированного утомления). Эти три этапа повторяются дважды за трудовой день: до обеденного перерыва и после него.

Таким образом, в течение суток кривая работоспособности выглядит волнообразной. Максимальные подъемы отмечаются в 10-13 и 17-20 часов. Минимум работоспособности приходится на ночные часы. Но и в это время наблюдаются физиологические подъемы с 24 до 1 часа ночи и с 5 до 6 часов утра. Периоды подъема работоспособности в 5-6, 11-12, 16-17, 20-21, 24-1 час чередуются с периодами ее спада в 2-3, 9-10, 14-15, 18-19, 22-23 часа. Это нужно учитывать при организации режима труда и отдыха.

Любопытно, что в течение недели отмечаются те же три этапа. В понедельник человек проходит стадию вработывания, во вторник, среду и четверг имеет устойчивую работоспособность, а в пятницу и субботу у него развивается утомление.





Колебания работоспособности по дням недели

Существует ли изменение работоспособности в течение продолжительных периодов времени: месяца, года или нескольких лет? Хорошо известно, что работоспособность женщин зависит от месячного цикла. Она снижается в дни физиологического стресса: на 13-14 день цикла (фаза овуляции), перед месячными и во время них. У мужчин подобные изменения гормонального фона выражены слабее. Некоторые исследователи связывают околосуточные колебания тонуса с гравитационным влиянием Луны. Есть подтверждения, что действительно, в период полнолуния человек имеет более высокий обмен веществ и нервно-психическую напряженность и менее устойчив к стрессам, чем во время новолуния. Причем у женщин овуляция и падение тонуса приходится чаще всего на полнолуние.

Сезонные колебания работоспособности заметили давно. В переходное время года, особенно весной, у многих людей появляются вялость, утомляемость, снижается интерес к работе. Это состояние называют весенним утомлением.

Упомянем и о модной теории определения трех биоритмов — физического, эмоционального и интеллектуального — со дня рождения. Такие циклы действительно существуют, причем они имеют связь с показателями обмена веществ. Но их трудно прогнозировать с момента рождения из-за многочисленных привходящих факторов, вызывающих физические, эмоциональные, психические стрессы.

Например, при напряженных тренировках спортсменов или во время студенческой сессии амплитуда соответствующих биоритмов была все время на подъеме, а частота увеличивалась. Это свидетельствует о том, что психологические факторы сильнее природных датчиков ритма.

В последние годы обнаружены ритмы функционирования нервной, мышечной и сердечно-сосудистой систем продолжительностью 5-16 дней. Их выраженность зависит от тяжести труда. У людей тяжелого физического труда они равны 5-8 дням, у работников умственного труда — 8—16 дням.

А как влияет на работоспособность возраст? Установлено, что в 18-29 лет у человека наблюдается самая высокая интенсивность интеллектуальных и логических процессов. К 30 годам она снижается на 4 %, к 40 — на 13, к 50 — на 20, а в возрасте 60 лет — на 25 %. По данным ученых Киевского института геронтологии, физическая работоспособность максимальна в возрасте от 20 до 30 лет, к 50-60 годам она снижается на 30 %, а в следующие 10 лет составляет лишь около 60 % юношеской.

Длительное время ученые считали утомление отрицательным явлением, неким промежуточным состоянием между здоровьем и болезнью. Немецкий физиолог *М. Рубнер* в начале XX века высказал предположение, что человеку отпущено на жизнь определенное число калорий. Поскольку утомление является «расточителем» энергии, оно ведет к сокращению жизни. Некоторым приверженцам этих взглядов даже удалось выделить из крови «токсины усталости», сокращающие жизнь. Однако время не подтвердило этой концепции.

Уже в наши дни академик АН Украины *Г.В. Фольборг* провел убедительные исследования, показавшие, что утомление является естественным побудителем процессов восстановления работоспособности. Здесь действует закон биологической обратной связи. Если бы организм не утомлялся, то не происходили бы и восстановительные процессы. Чем больше утомление (конечно, до определенного предела), тем сильнее стимуляция восстановления и тем выше уровень последующей работоспособности. Важно и то, что в период восстановления происходит «текущий ремонт» органов и тканей, усиливаются процессы регенерации, заживления ран. Все это говорит о том, что утомление не

разрушает организм, а поддерживает его. Подтверждением этого вывода являются исследования советского физиолога, профессора *И.А. Аршавского*, в ходе которых было установлено, что физические нагрузки не сокращают, а наоборот, увеличивают продолжительность жизни.

Одно из наиболее емких определений состояния утомления дали советские ученые *В.П. Загрядский* и *А.С. Егоров*: «Утомление — возникающее вследствие работы — временное ухудшение функционального состояния организма человека, выражающееся в снижении работоспособности, в неспецифических изменениях физиологических функций и в ряде субъективных ощущений, объединяемых чувством усталости».

Почему же такая полезнейшая вещь имеет отрицательную окраску: снижается интерес к работе, ухудшается настроение, нередко возникают болезненные ощущения в теле?

Сторонники эмоциональной теории объясняют: это происходит, если работа быстро наскучила. Другие основой усталости считают конфликт между нежеланием работать и принуждением к труду. Наиболее доказанной сейчас считается деятельная теория.

Начиная с фазы субкомпенсации возникает специфическое **состояние утомления**. Различают **физиологическое** и **психическое утомление**. Первое из них выражает прежде всего воздействие на нервную систему продуктов разложения, освобождающихся в результате двигательной деятельности, а второе — состояние перегруженности самой центральной нервной системы. Обычно явления психического и физиологического утомления взаимно переплетаются, причем психическое утомление, т. е. ощущение усталости, как правило, предшествует утомлению физиологическому. **Психическое утомление** проявляется в следующих особенностях:

- 1) в области ощущений утомление проявляется в понижении восприимчивости человека, в результате чего отдельные раздражители он вообще не воспринимает, а другие воспринимает лишь с опозданием;
- 2) снижается способность концентрировать внимание, сознательно его регулировать, в результате человек отвлекается от трудового процесса, совершает ошибки;
- 3) в состоянии утомления человек меньше способен к запоминанию, труднее также вспоминает уже известные

вещи, причем воспоминания становятся обрывочными, и человек не может применить свои профессиональные знания в работе в результате временного нарушения памяти;

- 4) мышление усталого человека становится замедленным, неточным, оно в какой-то мере теряет свой критический характер, гибкость, широту; человек с трудом соображает, не может принять правильное решение;
- 5) в области эмоциональной под влиянием утомления возникает безразличие, скука, состояние напряженности, могут возникнуть явления депрессии или повышенной раздраженности, наступает эмоциональная неустойчивость;
- 6) утомление создает помехи для деятельности нервных функций, обеспечивающих сенсомоторную координацию, в результате этого время реакции усталого человека увеличивается, а следовательно, он медленнее реагирует на внешние воздействия, одновременно теряет легкость, координированность движений, что приводит к ошибкам, несчастным случаям.

Как показывают исследования, явления утомления в утренней смене интенсивнее всего наблюдаются на четвертом-пятом часу работы.

При продолжении работы фаза декомпенсации может довольно быстро перейти в фазу срыва (резкое падение производительности, вплоть до невозможности продолжения работы, резко выраженная неадекватность реакций организма, нарушение деятельности внутренних органов, обмороки).

После прекращения работы наступает **фаза восстановления физиологических и психологических ресурсов организма**. Однако не всегда восстановительные процессы проходят нормально и быстро. После сильно выраженного утомления вследствие воздействия экстремальных факторов организм не успевает отдохнуть, восстановить силы за обычные 6-8 часов ночного сна. Порой требуются дни, недели для восстановления ресурсов организма. В случае неполного восстановительного периода сохраняются **остаточные явления утомления**, которые могут накапливаться, приводить к хроническому переутомлению различной степени выраженности. **В состоянии переутомления** длительность фазы оптимальной работоспособности резко сокраща-

ется или может отсутствовать полностью, и вся работа проходит в фазе декомпенсации.

В состоянии хронического переутомления снижается умственная работоспособность: трудно сосредоточиться, временами наступает забывчивость, замедленность и порой неадекватность мышления. Все это повышает опасность несчастных случаев.

Психогигиенические мероприятия, направленные на снятие состояния переутомления, зависят от **степени переутомления**.

Степени переутомления (по К. Платонову)

Симптомы	I – начинающееся переутомление	II – легкое	III – выраженное	IV – тяжелое
Снижение работоспособности	малое	заметное	выраженное	резкое
Появление сильной усталости	при усиленной нагрузке	при обычной нагрузке	при облегченной нагрузке	без всякой нагрузки
Компенсация снижения работоспособности волевым усилием	не требуется	полностью компенсируется	не полностью	незначительно
Эмоциональные сдвиги	временами снижение интереса к работе	временами неустойчивость настроения	раздражительность	угнетение, раздражительность
Расстройства		Трудно засыпать и просыпаться	сонливость днем	бессонница

Для начинающегося переутомления (I степень) эти мероприятия включают упорядочение отдыха, сна, занятия физкультурой, культурные развлечения. В случае легкого переутомления (II степень) полезен очередной отпуск и отдых. При выраженном переутомлении (III степень) необходимо ускорение очередного отпуска и организованного отдыха. Для тяжелого переутомления (IV степень) требуется уже лечение.

Вероятность возникновения несчастного случая повышается также, когда человек находится в состоянии **монотонии** вследствие отсутствия значимых информационных сигналов (сенсорный голод) либо вследствие однообразного

повторения похожих раздражителей. При монотонии возникает ощущение однообразности, скуки, оцепенелости, заторможенности, «засыпания с открытыми глазами», отключения от окружающей обстановки. В результате человек не в состоянии своевременно заметить и адекватно отреагировать на внезапно возникший раздражитель, что в конечном счете и приводит к ошибке в действиях, к несчастным случаям. Исследования показали, что к ситуациям монотонии более устойчивы люди со слабой нервной системой, они дольше сохраняют бдительность по сравнению с лицами, обладающими сильной нервной системой.

6. Современные исследования проблемы здоровья долголетия человека

Устремление к жизни, к благополучию, выражающее коренные, глубинные потребности всего биологического мира как основу его развития, а в сознании человека восходящее к сокровенным мечтам о счастье, радости и благополучии вечном, выступает как одна из движущих сил истории. Человек, его жизнь, причем не всякая, а жизнь, наполненная счастьем, радостью и благополучием является главной ценностью культуры. Это всегда было, есть и будет внутренним императивом всей человеческой деятельности, включая научно-техническую, производственно-хозяйственную и др., которые при поверхностном рассмотрении, казалось бы, не связаны со здоровьем, счастьем и долголетием, но в конечном счете, по внутренним убеждениям людей, направлены на решение именно этих проблем.

Здоровье выступает одной из наиболее значимых основ человеческого счастья, радости и благополучия, поэтому проблема здоровья — кардинальная для всего человечества. Она всегда была и остается в центре внимания познающей и созидающей человеческой деятельности.

Конец XX века — эпоха невиданного научно-технического прогресса, радикального расширения знаний о природе. Исторически сложилась, однако, глубокая диссимметрия: 95% общего объема современных знаний составляют знания о неживом веществе, тогда как на долю знаний о живом веществе, включая человека, приходится не более

5%. Такая диссимметрия проявляется и в сфере конструктивной практической деятельности: мы видим наглядные успехи цивилизации в освоении недр Земли, в синтезе энергоносителей, в проникновении в ближайший и далекий космос, в достижениях компьютерной техники, в успехах математики, химии, астрофизики. Все это как бы ослепляет человечество, вселяет уверенность во всемогущество разума, в его способность наконец-то проникнуть в суть живого вещества, самого человека, а значит, удастся побороть те экологические, генетические, чисто биологические процессы, которые порождают заболевания, мучения и смерть.

Между тем живое вещество остается почти недоступным бастионом. Несоизмеримо меньше, чем, например, выработка энергии, выросла урожайность зерновых, продолжительность жизни за 2000 лет увеличилась не более чем в 2-3 раза, о большинстве причин, вызывающих эпидемии, заболеваемость и смертность, мы имеем сегодня самые поверхностные и часто ошибочные представления. Указанная диссимметрия продолжает углубляться: природа, живое вещество, интеллектуально-духовная сфера человека меняют свои параметры быстрее, чем мы успеваем это зарегистрировать, включить в сферу научного исследования.

Существует, таким образом, интеллектуальная «черная дыра»: цель удаляется от нас быстрее, чем мы в состоянии ее преследовать. Наука, ее прикладные отрасли оказались неготовыми к решению новых задач, и осознание этого факта, может быть, самое серьезное достижение науки на грани веков.

Современные тенденции научно-технического прогресса, политические, экономические, социальные, экологические, военные и другие конфликты на планете существенно меняют статус и функции традиционных институтов культуры, образования, воспитания.

Если еще в сравнительно недавнем прошлом расходимые человеком ресурсы природы обладали компенсаторными, восстановительными механизмами, и можно было осваивать целину, проводить крупномасштабные мелиоративные работы, не ограничивать себя в использовании воды на химических производствах, вырубать огромные массивы леса, то к началу XXI столетия ситуация коренным образом изменилась. На смену политическим, экономическим, идеологическим, военным диктатурам пришла диктатура

более жестокая и беспощадная — диктатура ограниченности ресурсов биосферы. Границы в изменившемся мире определяют сегодня не политики, не пограничные патрули и не таможенная служба, а региональные экологические закономерности.

Экологическая диктатура — важнейший геополитический факт конца XX и первой половины XXI века. Мировое сообщество, интуитивно осознавая этот факт, не остается безразличным к испытаниям ядерных зарядов, к запускам ракетных систем, к современным городам как к факторам популяционного стресса, к зонам экологических бедствий, к природным, техногенным и социогенным катастрофам, к событиям, происходящим в так называемых «горячих» точках планеты. К сожалению, катастрофы такого типа рассматриваются не как проявление общего геокосмического стресса, «перегрева» планеты, а как изолированные эпизоды, неприятные, но предотвратимые. Игнорируется факт перехода планеты и ее обширных территорий к перманентному состоянию катастрофы, для описания которых так же неприменима методология «устойчивого развития», как уравнения, описывающие ламинарный поток жидкости, неприменимы для описания турбулентных режимов.

Режим экологической диктатуры вынуждает нас возвращаться к полузабытому образу живой природы как хранилищу высших ценностей, объекту нашего уважения и любви — не эксплуатация и «освоение», а сосуществование, развитие и забота когда-то были определяющими в наших отношениях с природой. Даже самые закоренелые прагматики не могут не понимать, что противоположное чревато глобальной экологической катастрофой в исторически обозримой перспективе.

Изменяются и функции человека. Будучи погружен в природно-экологическую, производственно-трудовую и социальную среду, он уже не может рассчитывать на помощь медицины: при всей вооруженности современным диагностическим оборудованием, методами лечения, профилактики, арсеналом гигиенических нормативов в современных условиях она оказалась не в состоянии гарантировать здоровье и благополучие нации. Сегодня наблюдается опасное снижение резервов репродуктивного здоровья населения России, ухудшение всех звеньев репродуктивного цикла —

оплодотворение, беременность, формирование полноценной семьи, физическое и психическое развитие ребенка, качество здоровья детей. Репродуктивное здоровье популяции оказывается своего рода исполнительным механизмом экологической диктатуры, дети оказываются больными уже с момента рождения, не менее 80% хронических заболеваний у детей развивается в раннем возрасте. «Взрослая» медицина получает в свое распоряжение контингенты со сниженной жизнеспособностью.

По оценкам отечественных специалистов, неприкосновенный запас резерва репродуктивной прочности популяции сократился на 25%, тогда как 30%-ные потери гарантируют необратимое разрушение базовых механизмов эволюция человека.

Вышеприведенные обстоятельства определяют необходимость формирования нового поля, «пласта» знаний, новых социальных и педагогических технологий, исходящих из современных представлений о закономерностях живой природы и человеческого общества. Как реакция на обострение проблемы здоровья и ответ на запрос общества в мировой культуре и в нашей стране возникла экзистенциальная конструкция — валеология (от лат. valeo — быть здоровым). Этот удачный, емкий термин ввел в научный обиход в 1980 году *И.Л. Брехман*, известный фармаколог-физиолог, автор ряда монографий, в которых он в творческом содружестве с новосибирскими учеными определил содержание валеологии. Вновь сформировавшаяся научная и образовательная дисциплина не является простой суммой или синтезом уже существующих, а являет собой новую область знаний

Валеология — наука о том, как стать и быть здоровым. Не только изучать, описывать, мечтать, а быть. Знать о здоровье можно много, но быть здоровым — это другое. Это точно так же, как, например, можно очень много знать об управлении автомобилями разных марок, прочитав об этом множество книг и самому написать множество научных исследований. Но реально управляет машиной, водит ее — шофер, а читает или не читает он книги об этом, пишет или не пишет — это второстепенный вопрос.

Валеология — наука о законах формирования, сохранения и расширения жизненного потенциала каждого человека. Это система знаний, формирующая целостное, си-

стемное представление о человеке и его здоровье как органичной частицы Мироздания, и направленная на формирование всесторонне развитой, активной, творческой личности.

Валеология рассматривает проблему человека и его здоровья в свете новой парадигмы на всех уровнях человеческого бытия:

- мировоззренческом — философия;
- социокультурном — теория культуры;
- психическом — психология;
- телесном — биология, физиология.

Она опирается на передовые современные достижения мировой и отечественной культуры в области философии, культурологии, социологии, науки, техники, педагогики и искусства.

Общественная потребность в такой дисциплине продиктована опытом не только России. Существующее до настоящего времени убеждение, что проблема здоровья решается исключительно средствами здравоохранения, практической медицины (включая условия труда и так называемый «образ жизни»), все более вытесняется пониманием чисто тактической, вспомогательной роли этих служб. Так что отдаленные, стратегические интересы сохранения этноса должны решаться на существенно более широкой инструментальной, методологической и философской основе.

Опыт США, европейских стран и России показывает, что в целом здоровье нации и каждой личности в отдельности есть отнюдь не прерогатива и гарантия специализированного ведомства — государственного или частного здравоохранения или гигиенически-профилактического корпуса государства и его регионов. Утомление популяции, социо- и техногенные стрессы, экологическая токсичность среды обитания — все это становится настолько всеобъемлющим, что никакая одна или две-три специальные службы не могут гарантировать сохранение здоровья у нового поколения. Общество начинает осознавать, что практически любой крупный проект первой четверти XXI века, сколь бы он ни был обоснован в технологическом, энергетическом, экономическом, геополитическом аспектах, может оказаться невыполнимым ввиду дефицита человеческих ресурсов — не только и не столько количества людей, сколько и главным образом их качества — здоровья, психическо-

го и интеллектуального потенциала, способности к обучению, к социальной, биологической и профессиональной адаптации, их морально-нравственными параметрами.

Валеология как научно-практическая дисциплина имеет свой специфический предмет, не сводимый к предыдущему знанию физиологии, биологии и медицины. Она рассматривает человека с учетом нового научно-философского знания, а именно, как космопланетарный феномен на всех уровнях его бытия, как освоенных рационально-научно, так и трансцендентальных, и с учетом научно-философского, не сводимого к телесно-социальному, пониманию здоровья.

Такое расширение поля предметной деятельности требует соответственного расширения методологических возможностей новой дисциплины, что может быть обеспечено соединением в процессе духовного освоения действительности естественнонаучной и специфически философской методологии познания, включающей, наряду с рационально-логическим познанием, интуитивно-образные способы освоения действительности, что было предвосхищено *Вл. Соловьевым*: «... осуществление этого универсального синтеза науки, философии и религии... должно быть высшей целью и последним результатом умственного развития».

В результате применения новой методологии на новом поле предметной деятельности, естественно, будет получен комплекс специфически новых теорий, концепций, системных подходов к решению проблемы здоровья, а также ряд новых законов и закономерностей существования и развития предмета, открытых именно валеологией как новой наукой о здоровье. Это, в свою очередь, потребует и даст основание для формирования соответствующего специфического понятийно-категориального аппарата, в основе которого — рассмотрение здоровья как философской категории, позитивная направленность понятий, терминов и др.

И, наконец-то, без чего не может быть новой научно-практической дисциплины — это качественно новая практика как критерий истины, не сводимая к уже имеющимся лечебным и диагностическим процедурам. Суть ее прежде всего должна состоять не в лечении как таковом, а в **обучении человека быть** здоровым, что включает повышение уровня грамотности в вопросах физиологии, биологии и других наук о человеке, в том числе и в области

медицинского знания, в формировании современного мировоззрения, принципов здорового образа жизни и активной смысловознательной позиции на основе нового научно-философского знания, а также развитие **новых возможностей человека**, включая интуитивные способности реальной действительности и коррекции своего состояния. И только после этого — процедуры, диеты и т. д., назначаемые и применяемые на основе единства рационально-логического и интуитивного осмысления каждой конкретной ситуации, причем, что уже очевидно, в обязательном их соответствии с отечественными традициями.

Из приведенного очевидно, что специфической сущностью валеологической практики, не сводимой к известным медико-биологическим и физиологическим способам оздоровления является то, что здесь в обязательном порядке любым терапевтическим процедурам, любым действиям **предшествует образовательно-воспитательный блок** — формирование адекватного мировоззрения и принципов здорового образа жизни и, на основе этого, развитие новых возможностей человека, а выбор и назначение оздоровительных процедур совершается **самим** пациентом на основе единства рационального и иррационального (философского) осмысления проблемы. Обучающий специалист здесь присутствует уже как помощник, и не более. Пациент с этого момента сам берет свою судьбу в свои руки, становится личностью свободной, способной вполне самостоятельно решать все возникающие у него проблемы здоровья и благополучия и даже учить этому других.

Процесс восстановления здоровья конкретного человека, таким образом, как первичным дополняется образовательным блоком, а деятельность по оздоровлению народа страны должна быть основана на массовом валеологическом и экологическом всеобуче. Без глубокого знания теории не стоит и помышлять об успешной практике оздоровления. Не лечить, а учить быть человеком — лозунг валеологии.

Валеология являет собой социокультурный феномен, ибо она вскрыла причины нездоровья нации, показывает пути выхода из критической ситуации, сложившейся в нашей стране в настоящее время. Достаточно привести только один факт: по продолжительности жизни российские мужчины занимают 135-е место в мире, а женщины-

ны — 100-е. Это уровень аутсайдеров, вечно голодных африканских стран. В числе социальных причин такой вопиющей статистики можно назвать следующие:

1. Современная медицина в целом продолжает опираться на прежнюю научно-философскую парадигму, рассматривающую Мир и человека только лишь на телесном уровне, и не признает результатов излечения заболеваний методами, выходящими за ее пределы. Высшая медицинская школа продолжает готовить специалистов по патологии и практически не готовит специалистов по здоровью.

2. Лучшие умы человечества всегда понимали зависимость здоровья от образа жизни и поведения человека. Немецкий философ В. Гумбольдт, живший в XIX веке, утверждал, что со временем болезни будут расцениваться как следствие бескультурья, отсталости и потому болеть будет считаться позорным. Необходимо побуждать людей к сохранению и укреплению здоровья. Нужна своего рода «мода» на здоровье, которая поддерживается и обеспечивается государством, чего пока нет.

3. Поскольку медицина в течение долгих лет жестко отрицала самолечение, у большинства людей почти на генетическом уровне отсутствует интерес, желание и воля взять ответственность за личное здоровье на себя.

4. Здоровье и благополучие человека в огромной мере детерминируется глобальными как космическими, так и экологическими факторами. Оно жестко зависит от экологических и политических обстоятельств.

5. Современная психология пришла к заключению, что любая болезнь может быть рассмотрена в частности и как психологическая защита, бегство человека от травмирующей стрессовой ситуации. Болезнь, таким образом, как бы подсознательно желательна, и избавлять от нее человека, даже если это возможно, нельзя без предварительной мировоззренческой и психологической корректировки сознания, ибо оставшаяся причина вызовет новую, еще более тяжелую болезнь.

Следует оговориться, что наиболее правильная позиция по отношению к медико-биологической отрасли знания должна быть более констатирующая, чем критическая. Она обретет свое место и предназначение в современной мировой культуре и в здравообеспечении. И наконец, как не следует бездумно надеяться на медицину, так же не следует

и предъявлять к ней абсолютных претензий еще и потому, что она, как отрасль создания собственного «товара» в виде лечебных услуг, ориентирована на спрос, и находится немного впереди массового спроса населения на услуги в своей области — в области здравоохранения.

Как же быть? Где искать выход? А выход состоит в том, чтобы согласиться, что мир исчерпывающе необъясним только рационально-логически («так и только так»). Мир и человек в нем рациональны и иррациональны. И современное естествознание дает возможность выйти на новую ступень, грамотно и гармонично сочетая в единстве рациональный и иррациональные методы познания и преобразования мира и человека.

Один из наиболее глубоких современных ученых нашего Отечества академик *Никита Моисеев* несомненный рационалист. Он — математик и гидродинамик, эколог и климатолог, человек, преуспевший в точных науках, ученый естествознавец. Вместе с тем он раскованно мыслящий философ. В размышлениях о необходимых чертах цивилизации будущего Моисеев подчеркивает, что мировоззрение никогда не может быть сведено к чисто научным, рационалистическим миропредставлениям. Разум не всемогущ. Ему доступно то, что «доступно». Абсолютизация возможностей разума крайне опасна, как и всякая переоценка своих достаточно скромных сил. Ученый обращает внимание на наличие не только рациональной, но и иррациональной границ человеческой сущности. К этому его мнению, к позиции автора книги «Современный рационализм» нельзя не прислушаться. Особенно при рассмотрении позиции здоровья.

Процесс кардинальных изменений в представлениях науки и философии о мире и человеке демонстрируют также публикации нового научного журнала «Сознание и физическая реальность» (т. 1. 1996. № 1-2.) В одной из публикаций говорится о том, что «для того чтобы лучше разобраться в особенностях работы феноменов сознания... используется понятие информационно-энергетического пространства Вселенной. Оно относится к новому научному направлению «Биоэнергоинформатика», в концепции которого содержится представление о Вселенной как о живой системе, более того, как о цельном соразмерном организме. В мировоззрении биоэнергоинформатики как бы вновь возвращается эзотерический платоно-пифагорский взгляд на

Живой Космос. Биоэнергоинформатика в то же время не противоречит астрофизическим концепциям конца XX века, таким как инфляционная теория эволюции Вселенной и антропный принцип в физике... Следствием такого подхода в биоэнергоинформатике становится также признание человека не наблюдателем, а естественной частью космоса, воспринимающей его цельную жизнь не только рационально, но и чувственно — через Дух и Душу». И в свете этого нового мировоззрения кардинальным образом изменяются представления не только о человеке, его месте в Мироздании и его эволюционном предназначении, но и о социуме и всей планете. Вся планета может быть теперь представлена как бы единым Разумным Целостным Организмом, в котором все ее составляющие — биосфера, человечество и т. д., сосуществуют в гармоничной взаимосвязи и взаимозависимости. Становится очевидным, что здоровье личности, семьи, государства, планеты — неразделимы. Разумеется, «как бы» без прямой редукции мира человека к органическим явлениям. «Жаворонком» новых тенденций явилась, в частности, валеология, прежде всего как философская и научная система, как реальная практика укрепления здоровья человека с самого детства и на всем жизненном пути. Этому посвящено немалое количество исследований.

Переход от чисто редукционных, ньютоно-картезианских (механистических) представлений о Мироздании и рафинированного рационально-логического познания к холистическим (целостным) представлениям и к единству рационально-логического и внерационального в познании — суть происходящих сдвигов в современном познавательном процессе.

Человечество только тогда может надеяться на успехи в решении своих насущных проблем и выйдет на новый этап своего развития (не вечно же нам быть бедными и больными), когда философия как глубокое осмысление действительности, предшествующее и сопровождающее каждую мысль и каждое действие человека, в том числе и решение проблемы здоровья, станет повсеместно распространенной.

Современные социокультурные процессы, потрясшие нашу страну и ввергшие ее в пучину противоречий, разрушений и войн, актуализировали «вечный» вопрос: кто мы — Восток или Запад? И для нас он неспроста —

смыслоразнозначный, вопрос нашего дальнейшего существования на планете, не только нашего здоровья и счастья. И в русской культуре этот вопрос находил «свое» разрешение — от языческой Руси до науки и философии русского космизма. Мы — земляне. Мы все, живущие на Земле, — земляне, и поэтому нам надо жить в мире и радостном взаимопонимании друг с другом. И только это может быть основой здоровья и личного, и общества, и планеты. И мы должны донести эту простую и светлую мысль до всех стран и народов. «Русская идея» — забота не о себе, но о Мире, главная и мощная линия отечественной культуры. Понятно, что если другие народы тоже все силы приложат к этому, мир только выиграет. Одной из особенностей русской культуры всегда было человеколюбие. Для русской философии всегда был характерен поиск абсолютного Добра (правды, справедливости). И это находит яркое отражение в русской классической литературе и философии, которые несли миру глубоко выстраданную опытом поколений истину: нет и не может быть такой цели, ради которой была бы допустима жертва хотя бы в одну человеческую жизнь, в одну каплю крови, в одну детскую слезинку. Русская классическая философия — это философия предупреждения. Ее лейтмотив — нравственное вето на любой «прогресс», любой социальный проект, если они рассчитаны на принуждение, насилие над личностью.

Важным условием здоровья каждого человека и общества в целом является их объективная необходимость в развитии планеты и всей Вселенной, познание и подчинение себя ее объективным законам. Ни лекарствами, ни оздоровительными диетами, ни ножом хирурга или пассами экстрасенса не защититься от объективных законов развития Вселенной. Если выполняешь свои функции, в соответствии с ними решаешь свои эволюционные задачи, которые состоят в том, чтобы познавать и совершенствоваться, преобразоваться и преобразовать Мир, — если поспеваешь в силу своего свободного выбора в своем развитии за развитием Вселенной, если помогаешь ей в ее стремлении к совершенству, к преобразованию через стремление к совершенству, к преобразованию через это стремление, то ты — «лоза плодоносящая», поэтому будешь окружен ее заботой, будешь жив и здоров.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите факторы, которые приводят к потере здоровья отдельного человека и популяции.
2. В чем различие между валеологическими и медико-биологическими подходами к оздоровлению?
3. Что дают современные мировоззренческие знания для понимания природы здоровья?

I Человек и биосфера

7.1. Концепция В.И. Вернадского о биосфере и феномен человека

Главной научной концепцией естествознания, позволяющей ученым правильно понимать законы, управляющие развитием окружающей нас природы, стала естественно-историческая концепция. Только познав, как развивалось то или иное природное явление или объект, каков их генезис, можно понять и научно объяснить современность и надежно построить научный прогноз будущего. Достаточно назвать две наиболее **фундаментальные концепции в естествознании**:

- **дарвинизм**, центральное звено которого — учение о происхождении видов путем естественного отбора, основанное на сравнительно-историческом анализе, преимущественно палеонтологическом;
- **учение Докучаева и Вернадского о почвах, ландшафтах и биосфере**, основанное на естественно-историческом анализе происхождения и развития этих сложных природных планетарных объектов.

В процессе создания концепции биосферы В.И. Вернадский приходит к выводу огромного мировоззренческого значения, по существу, определяющему стратегию будущего развития естествознания. Он говорит о том, что в современное научное мировоззрение должно войти представление о геохимических функциях живого вещества и человечества как основных геологических сил, определяющих как само существование биосферы, так и формы и вектора ее развития. **Концепция биосферы стала точкой отсчета**

нового этапа развития общего естествознания. Современное общее естествознание — это биосферное естествознание, в основе которого лежит представление о биосферных, то есть геохимических функциях живого вещества и человечества. Без этого представления в настоящее время невозможен «гармоничный ход научного и философского мышления». Вот главный урок Вернадского нашему поколению.

В «Мыслях и набросках» он пишет: «Сознание человечества становится той «силой», тем фактором, который мы должны принимать во внимание, когда изучаем всякий природный процесс». Это общетеоретическое положение сформулировано в 1920 году. А сейчас оно перешло из области теории в практику. Например, прежде чем новый технологический процесс получит «путевку в жизнь», он должен пройти экологическую экспертизу.

Одновременно с Вернадским концепцию биосферы развивали французские ученые. Так, само понятие «ноосфера» впервые прозвучало на лекциях 1927/28 учебного года из уст философа и математика, последователя Бергсона, *Эдуарда Леруа*. При этом соавтором ноосферной концепции был объявлен его друг и единомышленник *Пьер Тейяр де Шарден*, палеонтолог и философ. Причем, что особенно для нас важно, оба француза строят свою мысль, опираясь на понятие биосферы и живого вещества в том духе, как они были развиты Вернадским в его знаменитых лекциях в Сорбонне в 1922-1923 годах.

Так, в книге Тейяра де Шардена «Феномен человека» дается своеобразный ответ на вечный вопрос о смысле и цели человеческого существования, который сводится к следующему: человек как «ось и вершина эволюции» ярко раскрывает то, что изначально, хотя бы в возможности, присуще всей материи, т. е. человек есть сложный, развернувшийся «микрокосмос», содержащий в себе все потенции космоса. Это значит, что жизнь и человек, появившиеся на Земле в результате спонтанного зарождения из предбиологических органических соединений (здесь Тейяр находится на принципах материализма), неразрывно связаны с космическими процессами, усложнениями материи. Земная жизнь представляет собой качественно новое проявление этой всеобщей тенденции. И хотя неживая материя кажется нам «мертвой», она лишь «дожизненна», в ней имеет-

ся потенция стать живой. Следовательно, жизнь по своей природе космична, так как нить ее таится в самой ткани универсума (Тейяр не случайно употребляет термин «универсум»; для него под слоем элементарных частиц, составляющих первичную материю, находится тонкий слой психики). Человек — скачок в эволюции земной жизни, венец беспрестанного эволюционного движения и вместе с тем некое начало направленной эволюции, стремящейся к точке *Омега* — планетарному сознанию, духовному «яйцу мира». Вселенская эволюция идет не в пространственном, а в психическом направлении, она осуществляется не в космической экспансии человека, а в пределах нашей планеты. Для нас существенно то, что здесь Тейяр де Шарден обращает внимание на такой парадоксальный факт, что человек до сих пор не нашел подходящего ему места в структуре мира, которую представляет современная наука. Более того, наука о Вселенной — космология — обходится без рассмотрения человека; имеющиеся науки о человеке находятся на обочине естествознания «С чисто позитивистской точки зрения, человек — самый таинственный и сбивающий с толку исследователей объект науки. И следует признать, что в своих изображениях универсума наука, действительно, еще не нашла ему места. Физике удалось временно очертить мир атома. Биология сумела навести некоторый порядок в конструкциях жизни. Опираясь на физику и биологию, антропология, в свою очередь, кое-как объясняет структуру человеческого тела и некоторые механизмы его физиологии. Но полученный при объединении всех этих черт портрет явно не соответствует действительности»¹⁰. Поскольку в человеке концентрируется все, что мы познаем, постольку неминуемо придем к науке о человеке: постижение человека является ключом к раскрытию тайн природы.

Американский биолог и космолог К. Саган, анализируя проблему космологических основ возникновения жизни, постулирует существование общей космической закономерности: во Вселенной в течение определенного времени (порядка нескольких миллионов лет) появление жизни осуществляется как непреложное явление космологической эволюции. Частный случай этой закономерности — возникновение жизни на нашей планете, вращающейся вокруг одной из типичных, рядовых звезд Млечного Пути.

Следовательно, феномен земной жизни (а нам известна, к сожалению, только она) представляет собой проявление общей космологической эволюции, а земные биологи заняты лишь отдельной темой в многообразии, по выражению К. Сагана, «музыки жизни». Условия же появления жизни на Земле определили ее развитие в качестве целого, т. е. **в виде биосферы, единого монолита живого вещества, организованность которого определяется преобладанием космической энергии и связанными с этим космопланетарными биогеохимическими функциями.** Это значит, что эволюция биосферы зависит от совокупности чисто земных и космических явлений.

При рассмотрении проблемы человека существенным является то, что под влиянием человеческой мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние — ноосферу. В этом плане необходимо учитывать положение В.И. Вернадского о встроенности человека, его социально-исторического бытия в космопланетарную организованность жизни в целом. Именно в этом проявляется **уникальность феномена человека: единство функционирования в его жизнедеятельности законов природы и общества.**

По В.И. Вернадскому, вещество биосферы разнородно по своему физико-химическому составу, а именно:

- 1) **живое вещество** как совокупность живых организмов;
- 2) **биогенное вещество** — непрерывный биогенный поток атомов из живого вещества в косвенное вещество биосферы и обратно;
- 3) **косное вещество** (атмосфера, газы, горные породы и пр.);
- 4) **биокосное вещество**, например, почвы, илы, поверхностные воды, сама биосфера, т. е. сложные закономерные косно-живые структуры;
- 5) **радиоактивное вещество;**
- 6) **рассеянные атомы;**
- 7) **вещество космического происхождения.**

Для строения биосферы характерна и геометрическая неоднородность. Эта сфера жизни охватывает поверхностные регионы нашей планеты: нижние слои стратосферы, тропосферы, верхнюю часть литосферы из осадочных пород и гидросферу. Такого рода разнородность строения биосфе-

ры, непрерывная на протяжении всей истории Земли, резко отличает ее от остальных оболочек планеты.

До открытия биосферы произошло открытие почвы. Учение В.И. Вернадского о биосфере всеми корнями, всей своей сутью связано с учением В.В. Докучаева о почве.

Почву следует воспринимать как самостоятельное естество — историческое тело природы, как единство приповерхностных природных процессов, связывающих в одно целое горные породы, рыхлые отложения, циркулирующие в них воды, произрастающие на них растения и гумусированные их остатки (плодородный перегной).

По мнению Вернадского, количество живого вещества в земной коре есть величина низменная. Тогда жизнь есть такая же вечная часть космоса, как энергия и материя.

Биосфера, по В.И. Вернадскому, — это «организованная, определенная оболочка земной коры, сопряженная с жизнью». «Пределы биосферы обусловлены прежде всего полем существования жизни».

Биосфера — не просто одна из существующих оболочек Земли, подобно литосфере, гидросфере или атмосфере. В.И. Вернадский предельно лаконично указывает на основное отличие — это организованная оболочка. И чтобы понять суть биосферы, нужно понять, как и кем она организована, в чем состоит организованность биосферы. Быть живым — значит быть организованным, отмечал В.И. Вернадский, и в этом состоит суть понятия биосферы как организованной оболочки Земли. На протяжении миллиарда лет существования биосферы организованность создается и сохраняется деятельностью живого вещества — совокупности всех живых организмов. Форма же деятельности живого, его биогеохимическая работа в биосфере (новое понятие, введенное В.И. Вернадским) заключается в осуществлении необратимых и незамкнутых круговоротов вещества и потоков энергии между основными структурными компонентами биосферной целостности: горными породами, природными водами, газами, почвами, растительностью, животными, микроорганизмами. Этот непрерывающийся процесс круговоротного движения составляет один из краеугольных камней учения о биосфере и носит название биогеохимической цикличности.

Вся живая оболочка нашей планеты, весь животный, растительный, бактериальный мир, и еще больше — вся

среда жизни: суша, реки, озера, океаны — все эти удивительные, уникальные создания природы — биосфера. Ничего подобного нет в ближайшем обозримом Космосе. В последнее время вывод о существовании биосферы в «единственном экземпляре» в результате нашего зондирования ближайших окрестностей Земли стал неоспорим. Мысль об уникальности Земли, кроме глубоких и высоких эмоциональных переживаний человека о своем месте в мире, рождает и величайшую тревогу, становится нашей трудной повседневной заботой: нет ничего дороже ее сохранения.

И надо учесть, что создавалось это удивительное планетное образование страшно медленно. Вместе с выводом о «всюдности» жизни Вернадский сделал вывод и о «всегдашности» жизни, то есть о ее вечности и непрерывности во времени. На это наталкивали его размышления обо всем минеральном богатстве планеты. Оно производно от жизни, поскольку огромное большинство горных пород и полезных для нас ископаемых, таких как углеводородное сырье, каменные угли, даже железо, — органического происхождения. Отсюда и возник один из его фундаментальных тезисов о геологической вечности жизни, ее непрерывной активности.

Уже при его жизни тезис Вернадского о геологической вечности жизни стал подтверждаться практикой развития геологии и палеонтологии. Но особенно бурно стала развиваться геология и палеонтология докембрия в последние десятилетия. Буквально на наших глазах величайшее научное предвидение стало осуществляться. Практически мы стали фиксировать следы жизни с тех пор, когда появились первые водно-осадочные породы, а это произошло около четырех миллиардов лет назад. Три сопряженных процесса и явления имеют одинаковый возраст: образование древнейших осадочных пород Земли; фиксация изотопов углерода биогенной природы в этих породах; нахождение в них же форм бактериевидных организмов. Все эти явления датируются одинаково: 3,6-3,8 миллиарда лет. При этом следует учесть еще и то, что самая примитивная, на наш взгляд, бактерия — в сущности, сложнейшая живая система, сложнейший организм. Для его формирования требуется непредсказуемый отрезок времени.

В результате раскрытия современными методами тезиса Вернадского о геологической вечности жизни мы подошли

к величайшей загадке науки наших дней. Кратко ее можно сформулировать так: можем ли мы с уверенностью утверждать, что же древнее — Земля как планета или жизнь?

Последние добытые наукой факты говорят о том, что в древнейших горных породах возрастом около 4 миллиардов лет, то есть почти одновозрастных с самой планетой Земля, встречаются уже сообщества микроорганизмов различных видов и форм. Они и представляли древнюю биосферу Земли. Следовательно, возраст биосферы приближается к геологическому возрасту Земли как планеты Солнечной системы.

Для Вернадского геологическое время связано с жизнью на Земле, с биосферой. Время существования планеты — это всего лишь время существования на ней жизни. Жизнь геологически вечна. Возраст планеты неопределим, поскольку в любых структурах начало распада их — это конец формирования под влиянием жизнедеятельности. Выводы парадоксальные. Они противоречили всей тогдашней и сегодняшней научной традициям и находятся в стороне от господствующей, как сейчас говорят, научной парадигмы. Достаточно взять любой университетский учебник общего землеведения, чтобы увидеть, что они основаны на космологических положениях о последовательном образовании Земли как космического тела, затем появлении на ней жизни с последующим образованием биосферы.

Не имеется и не получено поныне ни одного доказательства происхождения вещества живого из неживого. Между этими двумя состояниями материи нет никаких промежуточных ступеней, ведущих от инертного к одушевленному состоянию. Их отсутствие в свое время доказывал *Ламарк*, который даже составлял таблицу противоположностей живого и неживого.

Множатся, **напротив**, доказательства обратной производности — **структур земной коры** от вещества отжившего. Не только **горные породы** и ископаемые, но и атмосфера планеты (а есть мнение, что и гидросфера) — целиком продукт биосферы, результат жизнедеятельности животных, растений, бактерий. Через так называемые биогеохимические циклы круговорота химических элементов в земной коре, подстегиваемого живыми организмами, запускается в действие **вся машина** геологических событий в земной **коре**.

Рассмотренная под таким углом зрения живая природа — как причина природы неживой, как могучий геологический агент, создавший систему биосферы, — заставляет нас обратиться в поисках такого ее характера уже к неземным причинам самой жизни в буквальном смысле — к космическому ее статусу. Раз она возникла не в результате эволюции земной коры, а наоборот, эта эволюция есть лишь воздействие самой жизни, значит, источник ее надо искать за пределами Земли. «Мы знаем — и знаем научно, — что космос без материи и без энергии не может существовать. Но достаточно ли материи и энергии — без проявления жизни — для построения Космоса, той Вселенной, которая доступна человеческому разуму, то есть наупострояема?» — задавал Вернадский риторический вопрос в своей публичной лекции «Начало и вечность жизни», прочитанной им в клубе писателей и ученых в Петрограде в 1919 году.

В самой проблеме возникновения жизни В.И. Вернадский различил три возможных варианта: «Мы должны в этом возникновении живого из мертвого отличить два явления: с одной стороны, возникновение живого организма из таких мертвых тел природы — камней, скал, воды, газов, земли, которые никогда живыми не были. Это будет **абиогенез** — зарождение вне животного или **археогенез** — изначальное зарождение. С другой стороны, мы должны различать зарождение из умершего или умирающего живого организма, возникновение новых организмов при гниении и разложении старых — **гетерогенез** — разнородное зарождение. Наконец, должны различать третье явление — **биоогенез** — зарождение из живого подобно тому, как мы это видим кругом, когда человек и другие организмы рождаются от других живых, к тому же себе подобных» (выделено Вернадским. — Авт.).

До сих пор в школьном учебнике биологии излагается гипотеза академика *А.И. Опарина* о происхождении жизни на Земле путем небиологического возникновения органических веществ из неорганических молекул. Эта гипотеза нашла частичное подтверждение в 1953 году, когда американский ученый *Л.С. Миллер* экспериментально доказал возможность небиологического синтеза органических соединений из неорганического. Пропуская электрический разряд через смесь CO_2 и H_2O , он получил набор из

нескольких аминокислот. Однако живая молекула состоит из очень сложной спирали аминокислот, расположенных в строго определенной последовательности. Можно, конечно, себе представить, как электрические разряды непрерывно обрушивались на «первичный океан», и в результате одного из них случайно возникла нужная комбинация аминокислот. Но, по подсчетам известного американского ученого *Дж. Хилдена*, для этого необходимо перепробовать $10^{600\ 000}$ комбинаций, одна из которых окажется именно той, от которой произошла жизнь. Это невероятно большое число: после единицы надо написать 600 000 нулей. На каждую из таких комбинаций требуется определенное время. Если все будет происходить очень быстро (по миллиону комбинаций в каждую секунду времени), то на перебор всех возможных комбинаций уйдет не менее 100 миллиардов лет. Мы уже говорили о том, что Вселенная после Большого взрыва существует всего 15-20 млрд. лет. Так что времени на перебор этих комбинаций «методом тыка» просто не было. Значит, следует предположить, что жизнь и ДНК возникли не случайно, а путем целенаправленного действия, некоей неведомой и могучей силы или субстанции.

Один американский математик, высчитывая вероятность случайного возникновения жизни, привел такой пример. Представьте себе, что взорвали большую типографию, — все шрифты взлетели на километровую высоту. Так вот, вероятность случайного возникновения живого равна вероятности того, что при падении эти буквочки сложатся в текст 46 томов Британской энциклопедии.

Биогенез В.И. Вернадский, вслед за древними авторами, считал величайшей тайной природы, ее загадкой и в то же время **основным свойством живого**. («Живое из живого» Вернадский называл «принципом Реди». Имя итальянского ученого XVII века Франческо Реди принадлежит к числу постоянно встречающихся в биолого-географических трудах Вернадского). К представлениям об абиогенезе (археогенезе) и гетерогенезе Вернадский относился определенно отрицательно, справедливо подчеркивая, что накопившийся в естествознании огромный фактический материал с несомненностью доказывает происхождения всех современных живых организмов путем биогенеза.

Дальнейший ход его рассуждений таков: «Признавая биогенез, согласно научному наблюдению, за единственную

форму зарождения живого, неизбежно приходится допустить, что начала жизни в том космосе, какой мы наблюдаем, не было, поскольку не было начала этого космоса. Жизнь вечна постольку, поскольку вечен космос, и передавалась всегда биогенезом. То, что верно для десятков и сотен миллионов лет, протекших от архейской эры до наших дней, верно и для всего бесчисленного хода времени космических периодов истории Земли, верно и для всей Вселенной».

Итак, в безначальном Космосе столь же безначальными (вечными) являются четыре его компонента: материя, энергия, эфир и жизнь. Но вечный Космос наполнен бранным — естественными телами.

Каким же способом жизнь объявилась на Земле?

Вернадский резюмирует свои рассуждения следующим образом: «Для нас гипотеза Случая является столь же стоящей в стороне от области научных исканий, как и гипотеза специального божественного акта творения...»

...Остаются три возможности: 1) жизнь создавалась на Земле при космических стадиях ее истории в условиях, не повторявшихся в позднейшие геологические эпохи; 2) жизнь была на Земле и в космические эпохи ее былого, она извечна; 3) жизнь, извечная во Вселенной, явилась новой на Земле, ее зародыши приносились в нее извне постоянно, но укрепились на Земле лишь тогда, когда на Земле оказались благоприятные для этого возможности».

В.И. Вернадский принял для себя третий вариант — космический перенос латентных форм жизни, ибо «жизнь есть явление космическое, а не специально земное»; он писал о космическом живом веществе. В.И. Вернадский считал, что живое вещество в принципе не могло возникнуть из той материи, которая была им охарактеризована как материя «космая». Согласно развиваемой Вернадским концепции, жизнь во Вселенной вечна, так же как и сама Вселенная. Важным моментом в этой теории оказывается привнесение на Землю живого вещества из глубин космоса. Но этот источник был привнесен не в молекулярном плане (не как совокупность живых молекул), а в форме постоянно действующих во Вселенной биологических полей. Функционирование этих полей таково, что живые молекулы формируются везде, где имеются для этого необходимые условия. В последнее время появились дока-

зательства реального существования этого всепроникающего биологического поля.

Авторитетный научный журнал «Нейчур» опубликовал сообщение, которое буквально потрясло научный мир. Ученые брали антитела и в виде раствора прибавляли их к живым клеткам крови. Конечно, эти клетки дегранулировали (деструктурировались) и погибали. Затем начинали растворять эти антитела водой и вновь добавляли к клеткам крови. Клетки вновь распадались. Но по логике должен быть найден предел, после чего антитела перестают действовать, т. е. их концентрация становится очень слабой. Но не тут-то было! Исследователи довели растворение до невероятной концентрации — 10^{120} (для сравнения: во всей Вселенной количество элементарных частиц не более 10^{70}), но даже в такой концентрации сыворотки действовали. В растворе заведомо не существовало ни одной молекулы активного вещества, но дегрануляция продолжалась. Как же переносилась информация, если даже не было следов материального носителя этой информации? Значит, в результате опыта было установлено, что биологическая информация может передаваться не только при помощи молекул, а принципиально иным путем. Этот неучтенный агент является переносчиком биологического поля.

Широко известны слова В.И. Вернадского: «Твари Земли являются созданием сложного космического процесса и закономерной частью стройного геокосмического механизма, в котором, как мы знаем, нет случайности». В.И. Вернадский писал о существовании «определенного направления в эволюционном процессе, неизменно на всем его протяжении, в течение всего геологического времени. Взятая в целом палеонтологическая летопись имеет характер не хаотического изменения, идущего то в ту, то в другую сторону, а явления, определенно развивающегося все время в одну и ту же сторону, в направлении усиления сознания, мысли и создания форм, все больше усиливающих влияние жизни на окружающую среду».

С самого начала своего возникновения земная биосфера представляла собой область земной коры, в которой энергия космических излучений трансформировалась в такие виды земной энергии, как электрическая, химическая, механическая, тепловая и т. д. В.И. Вернадский пишет

так: «Благодаря этому история биосферы резко отлична от истории других частей планеты, и ее значение в планетном механизме совершенно исключительное. Она в такой же, если не в большей, степени есть создание Солнца, как и выявление процессов Земли»¹¹.

Автоматическое регулирование биосферы, обусловленное единством порядка и хаоса, объясняет и происхождение жизни, ибо существование хаоса и регулярного, циклического движения играет роль в образовании биологических структур. Ведь хаотическое поведение является типичным свойством многих систем (природных и технических), оно зафиксировано в периодически повторяющихся стимуляциях клеток сердца, в химических реакциях, при возникновении турбулентности в жидкостях и газах, в электрических цепях и других нелинейных динамических системах, оно проявляется в диссипативных структурах, как их назвал И. Пригожин. Диссипативные структуры обладают следующими признаками, без которых невозможна самоорганизация системы: они открытые, необратимые и нелинейные. В процессе возникновения земной жизни основную роль сыграли самоорганизующиеся системы — результат их специфического отбора на пути длительной эволюции и есть жизнь. Природа «изобрела» не только принцип программного регулирования по разомкнутому циклу, но и принцип автоматического управления в замкнутом цикле с обратной связью в живых системах. Таким образом, кибернетический подход также выявляет космопланетарный характер земной биосферы.

Космические излучения, генерируемые ядром Галактики, нейтронными звездами, ближайшими звездными системами, Солнцем и планетами, пронизывают биосферу, проникают во всю ее и все в ней. В этом потоке разнообразных излучений основное место принадлежит солнечному излучению, которое обуславливает существенные черты функционирования механизма биосферы, космопланетарного по своему существу. В.И. Вернадский пишет об этом следующее: «Солнцем в корне переработан и изменен лик Земли, пронизана и охвачена биосфера. В значительной мере биосфера является проявлением его излучений; она составляет планетный механизм, превращающий их в новые разнообразные формы земной свободной энергии, которая в корне меняет историю и судьбу нашей планеты». И если ультрафи-

олетовые и инфракрасные лучи Солнца косвенно влияют на химические процессы биосферы, то химическая энергия в ее действенной форме получается из энергии солнечных лучей при помощи живого вещества — совокупности живых организмов, выступающих в качестве преобразователей энергии. Это значит, что **земная жизнь отнюдь не является чем-то случайным, она входит в космопланетарный механизм биосферы.**

Данные, которыми располагает современная наука, свидетельствуют, что живое вещество только в том случае прогрессивно развивается, если оно своей жизнедеятельностью увеличивает упорядоченность среды своего обитания.

Для разумной формы живого вещества эти законы имеют особое, решающее значение. Земная разумная форма жизни — человечество — выполняет их, обеспечивая два вектора своего бессмертия: биологическое продолжение рода (общее свойство земного живого вещества) и духовно-культурное, в конечном счете космическое бессмертие (творческий вклад в создание ноосферы). Именно творческая активность как чисто человеческое свойство разумной жизни для каждого человеческого существа является основой и гарантией его индивидуального, личностного развития и продолжительной активной жизни. В целом это выражается в прогрессе человеческих популяций, всего человечества, в развитии его психофизиологического, биологического, глобального здоровья.

Понять сущность жизни, живого планетарного вещества, его разумной формы — человечества, человека, рассматривая лишь изолированное пространство Земли, видимо, не удастся. Земная жизнь неотрывна от космических процессов, включена во всеединство мирового целого (универсума). Пути прогресса человечества, так же как сопровождающие его жизнь противоречия, напряженность, катастрофы, могут быть постигнуты и подвергнуты регулированию только на основе широкого понимания антропо-космического характера социально-природной эволюции человека, его перспектив. Выдвигая гипотез о космических масштабах распространения живого вещества во Вселенной, мы исходим из того, что принципы бесконечности, неисчерпаемости материи справедливы в отношении включенности жизни и даже разумной ее формы как возможных

равноправных компонентов эволюции Вселенной во всеединство универсума.

Научные взгляды В.И. Вернадского отразили сложнейшие взаимосвязи неживой и живой природы, косного и живого вещества.

Целостный охват явлений природы, материального Космоса (научно понимаемое всеединство) он сочетал с естественно-историческим подходом, со стремлением проследить процессы мироздания в их развитии. Ученый настойчиво анализировал такие фундаментальные аспекты диалектики природы, как взаимосвязь макро- и микрокосмоса, пульсация материальных и энергетических потоков в косном и живом веществе (геохимические, биогеохимические и космохимические процессы), биологическое единство и эволюция планеты Земля, появление и становление человека как разумной формы жизни и нового геологического агента в эволюции Земли. Проследивая развитие биосферы и заполняющего ее монолита живого вещества, усиливающегося, обретающего геологическую мощь воздействие человека на биосферу, В.И. Вернадский завершает свои исследования новым обобщением. Он формулирует учение о ноосфере («ноос», или «нус», означает разум) как особом периоде в развитии планеты и окружающего космического пространства. Ноосфера включает в себя социальные и природные явления, взятые в их целостности, в их единстве и противоречиях. Становление ноосферы определяется социально-природной деятельностью человека, его трудом и знаниями, т. е. тем, что относится к космопланетарному измерению человека.

Сейчас достаточно очевидна кардинальная противоречивость становления ноосферы и человека как ее создателя. На космопланетарный процесс ноосферогенеза ложится печать возможного социально-природного апокалипсиса.

Второй тезис Вернадского связан с геологической ролью человека и человечества. Его глубочайшее убеждение состояло в том, что планета вступает в новую стадию своего развития, на котором определяющую роль будет играть человек разумный как сила невиданного масштаба. Обнаружилось, что связь человека с природой настолько всеобъемлюща и глубока, что любое действие, как и бездействие тоже, отражается на состоянии этой среды. Гигантская геологическая деятельность человечества наглядна, она

стала видна невооруженным взглядом. Мы не знаем сейчас такого быстротекущего природного геологического процесса, с которым можно было бы сравнить мощь человечества, особенно теперь, когда оно вооружено огромным арсеналом всяческих воздействий на природу, в том числе и фантастических по мощности разрушительных сил.

В формулах Вернадского о человеке как геологической силе особенно важен акцент на геологическом понимании роли разума. Вернадский рассматривал биосферу как одну из геосфер, как геологическую оболочку, а не так, как это упрощенно понимают некоторые, даже видные ученые — лишь как живую пленку планеты, т. е. «свободное» от геологического прошлого и физической среды собрание живых организмов. Важно понимать и представлять нерасторжимую сопряженность живого вещества, как выразался Вернадский, со всеми вещественными структурами Земли.

Человек в своих антропологических, социальных, исторических гранях есть существо далеко еще не совершенное, в определенном смысле «кризисное». Тем не менее существует идеал и цель высшего, духовного Человека, тот идеал, который и движет им в его росте, в превозможении собственной природы. Также и его создание — ноосфера — есть еще достаточно дисгармоничная, находящаяся в состоянии становления **реальность**, но вместе с тем и высший идеал этого становления. Ведь человек — единственное из живых существ, которое не только живет, и живет тем, **что есть**, но постоянно соотносит свою жизнь с тем, **что должно быть**, и стремится к этому. (Человек вообще был создан природой — и эволюцией — как какое-то замечательное и постоянно «недовольное» существо. Тем самым она словно гарантировала ему — и себе — стимул к дальнейшему развитию.)

Дальнейшее развитие человечества состоит, «наряду с разрешением социальных проблем, в изменении формы питания и источников энергии, доступных человеку». Вернадский имеет в виду овладение новыми источниками энергии, в том числе энергией Солнца, а также «непосредственным синтезом пищи, без посредничества организованных существ». Он представляет этот колоссальный эволюционный поворот человечества в самом общем виде через достигнутое умение поддерживать и воссоздавать свой орга-

низм, как это делает растение, из самых элементарных природных неорганических веществ.

Сейчас Человек, как и все прочие природные твари, в отличие от растений и некоторых бактерий, — существо гетеротрофное и может, как пишет Вернадский, «строить и поддерживать существование и неприкосновенность своего тела только усвоением других организмов или продуктов их жизни».

Автотрофными (т. е. самопитающимися) были названы растения.

Автотрофные растения — фундамент великого космического процесса образования и развития области жизни; они находятся как бы посередине между двумя потоками: потоком энергетических процессов неживой материи, неизбежно приводящих к затуханию (второй закон термодинамики), и потоком эволюции живого вещества, идущего с увеличением энергии, организации, сложности (негэнтропия, антиэнтропия, как бы третий закон термодинамики живого).

Русский биолог *С.Н. Виноградский* в 1888 году доказал «существование живых автотрофных существ, лишенных хлорофилла. Это существа невидимые, бактерии, изобилующие в почвах, в верхних слоях земной коры, проникающие в глубокие толщи всемирного океана».

К.Э. Циолковский писал о будущем человеке, «животном космоса», прямо ассимилирующем в своем «питании» солнечные лучи и элементарные вещества среды и могущем быть бессмертным. Прочное нравственное совершенствование человека оказывается возможным только вместе с физическим его совершенствованием, освобождением от тех природных качеств, которые заставляют человека пожирать, вытеснять, убивать и самому умирать.

Вернадский высочайшим образом оценивал будущую реализацию идеала автотрофности для всего человечества: «Последствия такого явления в механизме биосферы были бы огромны. Это означало бы, что единое целое жизнь — вновь разделилась бы, появилось бы третье, независимое ее ответвление... Человеческий разум этим путем не только создал бы новое большое социальное достижение, но ввел бы в механизм биосферы новое большое геологическое достижение...»

В конце концов, будущее человека всегда большей частью создается им самим. Создание нового автотрофного существа дает ему отселе отсутствующие возможности использования его вековых духовных стремлений».

7.2. Космические циклы

Вернадский высказывал предположение, что революционные изменения в морфологии живых существ соотносимы с так называемыми критическими периодами геологической истории планеты, движущие пружины которых выходят за пределы только земных явлений. Речь, возможно, идет о каком-то пока не понятом и не исследованном космическом воздействии. Интенсивность не только геологических процессов, но и эволюционно-органических «связана с активностью биосферы, с космичностью ее вещества. Причины лежат вне планеты». Становление предков современного человека находится в прямой связи с ритмическими изменениями климата нашей планеты, которые являются результатом интегрального отражения взаимодействия всех геосфер нашей планеты друг с другом и с космосом. Космические воздействия слагаются из гравитационных и корпускулярных. Первые связаны с изменением орбит Земли и Солнца под воздействием других планет и галактик, им присущ средне- и долгопериодический характер (все известные климатические циклы, начиная с цикла продолжительностью 35—45 тыс. лет и кончая циклом 200 тыс. лет, так или иначе связаны с орбитальными циклами). Вторые пока еще не исследованы, вероятно, они являются причиной короткопериодических климатических ритмов с длительностью в единицы, десятки, сотни и первые тысячи лет.

Обусловленные гравитацией колебания скорости вращения Земли, ее углового момента вызывают изменения атмосферно-океанической циркуляции, тогда как колебания потока корпускулярных частиц ответственны за изменения стратосферных течений. Немаловажную роль в обоих случаях играет магнитное поле Земли. Однако до сих пор механизм этой глубокой связи магнитного поля с климатом, а через него и со всей биосферой, не выяснен. Установлено, что орбитальные климатические ритмы (400 тыс.; 1,2; 2,5; 3,7 млн лет) являются рабочими хро-

нометрами биосферы, среди них — 400-тысячелетний ритм служит основной причиной крупнопериодических изменений климата и эволюции органического мира. Этот ритм выявлен геологами из последовательности ледниковых событий и только потом обнаружен астрономами. Внутри данный ритм членится на 6–8 фаз, причем становление и развитие живого вещества биосферы, в том числе и предков человека, полностью подчиняются этому климатическому ритму с его фазами.

С циклическими (периодическими) процессами мы встречаемся на различных уровнях развития материи, начиная космическими и кончая социальными процессами. Данные науки свидетельствуют о том, что ритм и периодичность управляют Вселенной, живыми организмами, социальными явлениями. Ритм как бы «запрограммирован» сущностью движения, без которого бесконечный мир просто не может существовать, он выступает в качестве основного закона природы и общества. Ритмы крайне разнообразны, их нельзя сводить друг к другу, ибо на каждом уровне иерархической Вселенной мы встречаемся с качественно различными ритмическими процессами и структурами.

Наличие циклических процессов в явлениях жизни позволяет выдвинуть предположение о существовании циклических закономерностей в топологии энантиоморфного биологического пространства — времени. Пространство это имеет энантиоморфную (право-левую) природу и принципиально отличается от пространства неживого вещества. Получается так, что если неживое вещество состоит из равного количества правых и левых молекул, то в живых органических системах используется только одна из этих форм. В дальнейшем было установлено, что живые организмы содержат левые аминокислоты и правые сахара. Таким образом, все белки живых организмов состоят из левых аминокислот.

Отсюда *Пастер* сделал вывод, что продуцирование оптически активных соединений в одной-единственной форме (правой или левой) является исключительной привилегией жизни.

Давались разные объяснения этому загадочному феномену. *Пастер* полагал, что асимметрия (хиральность) жизни обусловлена космической асимметрией или неким космичес-

ким фактором. Этой идеи придерживался В.И. Вернадский, указывая на право-левый характер галактических спиралей и на право-левую природу космического вакуума. Диссимметрию живого существа Вернадский понимает как «особое, строго определенное состояние пространства».

Данная идея не получила достаточного осмысления в современной науке. Вернадский предложил нетрадиционный и оригинальный подход к объяснению происхождения и сущности жизни. Пространство-время он рассматривает не в аспекте его проявления в природе, а как фактор, определяющий специфические черты биологической организации материи. Так, асимметрия живого вещества является следствием особой топологии пространственно-временного субстрата, в котором «не могут одинаково образоваться... правые и левые молекулы химических соединений». Хиральность — атрибутивное свойство биологического пространства-времени, которое пока еще не известным нам образом воздействует на вещество.

Вернадский обосновал положение, что все характеристики жизни и времени совпадают: и жизнь, и время необратимы; они никогда не текут вспять; они всегда направлены одинаковым образом — из прошлого в будущее, т. е. асимметричны. Время биологически содержательно, оно строится причинно-обусловленными событиями: сменой поколений. Рассмотренное таким образом время ничуть не похоже на физическое или космическое бесструктурное аморфное время, не имеющее никакого содержания, а только мерные единицы, причем способ их получения не имеет принципиального значения.

Биологическое время, как называет его Вернадский, имеет совершенно четкие мерные единицы, которые нельзя заменить никакими другими. Если все время существования жизни представить как единый монолит, то его «секундами» будут сами организмы. Какие именно из них выбрать за эталонные единицы для всего живого — вопрос науки. Сам Вернадский считал мерными единицами действующие бактерии. Их изучение должно дать нам представление о внутреннем строении пространства и времени.

На основании исторического материала крупный русский ученый *В.М. Бехтерев* сделал вывод, «что везде и всюду появление коллективной деятельности, как и прояв-

ление индивидуальной жизни, подчиняется закону ритма, имеющего, таким образом, всеобщее значение». **Человек как биосоциальное существо фокусирует в себе многообразие ритмов, порожденное биологической и социокультурной эволюцией.**

Вся человеческая деятельность — от организма до истории — пронизана самыми разнообразными ритмами. Так, специальный анализ выявил строгие закономерности в ритмических процессах центральной нервной системы животных и человека. Эти закономерности отражают чувствительность нервных процессов к скорости и ускорениям внешних ритмических воздействий. На основе этого выдвигается предположение о возможности возникновения более высоких, а именно, психологических форм отражения на основе филогенетически древних собственных ритмических образований мозга.

У каждого живого существа и у каждой социальной системы есть свой внутренний ритм. Но все они настраиваются на те колебания, которые оказывают на них влияние, и вынуждены приспосабливаться к ним тем больше, чем колебания сильнее. Могут быть и конкурирующие ритмы, но побеждают более мощные. И среди них вне конкуренции стоит Солнце как колебательный источник энергии, влияющий на все живое на Земле. Если оно оказывает влияние и на общественные явления, то их изучение становится крайне важным для настройки на солнечные и другие космические колебания, особенно если те носят периодический характер. Космическое влияние следует рассматривать в синтезе с внутренней цикличностью биологической и социальной жизни.

В то же время Солнце, как внешний и мощный источник энергии, настраивает все земные процессы, в том числе и в обществе. Циклы Солнца — это часы, регистрирующие смену его активности. И если бы удалось установить, что смена солнечной активности связана со сменой социальных форм общественной жизни, то можно было бы говорить о настройке социальных циклов на солнечные или хотя бы о влиянии солнечной цикличности на социальные перемены. И если бы связь удалось установить, то человечество получило бы в свои руки мощный ускоритель полезных **эффектов** и гаситель негативных. Например,

было бы известно, когда лучше начинать крупные реформы в обществе — в год негативного или пассивного Солнца. Проведение перемен и их прогнозирование осветилось бы разумом более высокого порядка. Конечно, необходимо исследовать и использовать весь комплекс космических ритмов для настраивания социальных процессов. Поэтому конечная цель изучения всех ритмических процессов — это сознательное управление ими в пределах человеческих возможностей.

Основателем гелиобиологии является известный русский ученый *А.Л. Чижевский*. Его основная научная линия — исследование влияния солнечной активности на все живое.

Главная идея *А.Л. Чижевского* — **это связь исторических событий с солнечной активностью**. Вот одна из его центральных мыслей, высказанная в книге «Физические факторы исторического процесса»: «Более или менее длительные исторические события, продолжающиеся в течение нескольких лет и получающие решительное проявление в эпоху максимума солнцедейтельности, а также сопутствующая этим событиям эволюция идеологий, массовых настроений и пр., протекают по всеобщему историческому циклу, претерпевая следующие ясно обнаруживаемые этапы:

- I период минимальной возбудимости;
- II период нарастания возбудимости;
- III период максимальной возбудимости;
- IV период падения возбудимости.

Эти четыре этапа (назовем их периодами) стремятся быть вполне одновременными с соответствующими им эпохами солнцедейтельности: минимумом пятен, нарастанием максимума, максимумом и убыванием максимума с переходом в минимум».

Такова, если говорить предельно кратко, идея функциональной связи общественной возбудимости (войн, революций, массовых движений) с солнечной активностью. Связь эта, если она есть, может быть только статистической, т. е. не соблюдаться во всех случаях. И это понятно, потому что на любое социальное явление влияет множество факторов. Из них мы обычно отдаем приоритет экономическим и политическим противоречиям — социальным двигателям исторического прогресса. Тем не менее, если эта связь хотя

бы в небольшом числе случаев имеет место, она должна исследоваться и учитываться. Необходимость этого важна еще и потому, что она, возможно, ведет к доказательству великой гипотезы об универсальности явления цикличности всех земных и космических процессов. «И кто знает, — пишет А.Л. Чижевский, — быть может, мы, «дети Солнца», представляем собой лишь слабый отзвук тех вибраций стихийных сил космоса, которые проходят окрест Земли, слегка коснулись ее, настроив в унисон дотоле дремавшие в ней возможности...» Там же он пишет: «Среди великого разнообразия массовых явлений в разные времена перед нами всей ясней и ясней обнаруживается стихийный ритм в их жизни, одновременность в биении их пульса, одновременные смены мощных подъемов и глубоких падений. И представим себе, что мы изучили этот ритм, овладели им так, что можем управлять, можем прогнозировать подъемы и спады. Представим и поймем, как возрос бы эффект наших действий и скольких потерь можно было избежать, что дает такая методика для выявления новых закономерностей в мировой истории».

Изучив историю 80 стран и народов за 2 500 лет, А.Л. Чижевский показал, что с приближением к годам максимума солнцедейтельности количество исторических событий с участием масс увеличивается и достигает своей наибольшей величины в эти годы. Наоборот, в минимумы активности солнца наблюдается минимум массовых действий.

Всегда считалось, что из прошлого можно извлекать уроки для будущего, ибо в **основе эволюции общества лежит вполне определенная ритмичность** (ее анализ дан в известной 12-томной работе А. Тойнби «Исследования по истории»). Эта ритмичность оказывала помощь в предвидении тенденций развития общественной системы или ее подсистем. Например, исследование исторических колебаний в развитии экономики привело к открытию в ней законов циклов, которые используются в процессе планирования будущего. Однако мы живем в эпоху, не имеющую исторического прецедента, в эпоху невиданных раньше изменений и открытий. Поэтому весьма опасно экстраполировать тенденции прошлого на будущее, ибо механизмы саморегуляции общественной системы оказались неэффективными.

7.3. Цикличность эволюции.

Человек как космическое существо

Прежняя механистическая наука рисовала мрачную картину Вселенной, где властвует всемогущая тенденция к возрастанию случайности и энтропии, где все движется к неизбежной тепловой смерти и распаду (диктат второго закона термодинамики). Ее опровержению послужили исследования нобелевского лауреата *Ильи Пригожина* (1984 г.) по так называемым *диссипативным* структурам в определенных химических процессах и открытый им **новый принцип**, лежащий в их основе, — **порядок через флуктуацию**. Дальнейшие исследования показали, что этому принципу подчинены не только химические процессы: он представляет собой базисный механизм разветвления эволюционных процессов во всех областях — от атомов до галактик, от отдельных клеток до человеческих существ и вплоть до обществ и культур.

На основании этих наблюдений появилась возможность сформулировать единую точку зрения на эволюцию, объединяющим принципом которой является не стабильное состояние, а динамические состояния неуравновешенных систем. **Открытые системы на всех уровнях являются носителями всеобщей эволюции**, которая гарантирует, что **жизнь будет продолжать свое движение во все более новые динамические режимы сложности**. Всякий раз, когда какие-либо системы в любой области начинают задыхаться от энтропийных отходов, они мутируют в направлении новых режимов. Одна и та же энергия и те же принципы обеспечивают эволюцию на всех уровнях, будь то материя, информация или ментальные психические процессы. Микрокосм и макрокосм являются аспектами единой эволюции. **Эволюция человека является значимой составной частью вселенской эволюции**.

По теории британского биолога *Р. Шелдрейка*, изложенной в его книге «Новая наука жизни» (1981 г.), форма, развитие и поведение организмов определяются **«морфогенетическими полями»**, которые в настоящее время еще не могут быть измерены физикой, но эти поля создаются формой связи через пространство и время и обладают кумулятивными свойствами. Если у достаточного числа представителей вида развились какие-то организменные свой-

ства или особые формы поведения, это автоматически передается другим особям, даже если между ними нет обычных форм контакта. Какой бы неправдоподобной и абсурдной ни казалась эта теория механически ориентированному уму, она проверяема, и уже сейчас, на своем раннем этапе, она подтверждается экспериментами на крысах и обезьянах. Шелдрейк вполне осознает, что его теория имеет далеко идущие приложения в психологии, и сам говорит о ее связи с юнговской концепцией коллективного бессознательного. К. Юнг еще в 30-40-е годы XX века пришел к выводу, что в психике человека помимо сознания и индивидуального бессознательного компонента, между которыми происходит непрерывный обмен энергией, существует еще **коллективное, расовое бессознательное, общее для всего человечества и являющееся проявлением созидательной космической силы.**

Коллективное бессознательное, в отличие от индивидуального (личностного бессознательного), идентично у всех людей и потому образует всеобщее основание душевной жизни каждого человека, наиболее глубинный уровень психики. «Коллективное бессознательное — предпосылка каждой индивидуальной психики, подобно тому как море есть предпосылка каждой отдельной волны». Между отдельным человеком и другими людьми все время протекают процессы «психического проникновения». Юнг считал **коллективное бессознательное творческим принципом, связывающим человека со всем человечеством, с природой, с космосом и Вселенной.**

Коллективное бессознательное как духовное наследие всего, что было пережито человечеством, как общая душа, не имеющая временных пределов, представляет собой совокупность архетипов. **Архетипы** — «психические первообразы, скрытые в глубине фундамента, корни сознательной души, опущенные в мир в целом», — это системы установок, являющихся одновременно и образами, и эмоциями; они передаются по наследству вместе со структурой мозга, «это та хтоническая часть души, через которую душа связана с природой, миром, космосом».

Архетипы, с одной стороны обуславливают предрасположенность к поведению определенного типа, основные коллективные идеи, образы человечества в ту или иную

эпоху, а с другой стороны, **вливают на физический мир, космос, являются неким связующим звеном между материей и психикой.**

Таким образом, Юнг положил начало **трансперсональной психологии**, которая рассматривает человека как **космическое и духовное существо, неразрывно связанное со всем человечеством и Вселенной, обладающее возможностью доступа к общемировому информационному полю.**

Идеи трансперсональной психологии получили дальнейшее развитие в исследованиях *Ассаджиоли, С. Гроффа, Ч. Тойча, К. Уилбера.*

Концепция и практический опыт психотерапевтической работы доктора Ч. Тойча подтверждают, что жизнь и проблемы людей во многом предопределяются обстоятельствами судьбы их предков (родителей, бабушек, дедушек, прабабушек, прадедушек и т. п.), «генетическим кодом». Молекулы ДНК несут не только генетический код наследуемых биологических и физиологических особенностей организма, предрасположенный к определенным болезням, но также и генетический код, определяющий паттерны поведения, предрасположенность к определенным проблемам, событиям, жизненным трудностям. Выявив и осознав неблагоприятный «семейный генетический код», человек может избежать участи «жертвы кода», силой своей мысли и целенаправленной системой продуманных практических действий «перестроить свой генетический код» (хотя это сложно), эволюционировать, совершенствовать себя, свою жизнь, судьбу.

Рассматривая **мысль человека** как мощную силу, как **энергетическую волну**, а разум — как электромагнетический бесконечный континуум, окружающий весь наш мир, включая всех людей, животных и все объекты неживой природы, следует признать, что в этом поле движущихся волн каждое существо имеет свою частоту, и волны, излучаемые мозгом, направляются каждым человеком подходящему принимающему сознанию, с тем, чтобы возбудить соответствующий отклик. Причем **излучения мозга не имеют ограничений во времени и пространстве.** Таким образом, происходит психическое взаимодействие (взаимовлияние, обмен информацией и проблемами) между людьми на неосознаваемом уровне. **Каждый человек отража-**

ет подсознание другого человека, возможна передача информации и состояний из бессознательной сферы одного человека в бессознательную сферу психики другого (особенно если они находятся в близких отношениях: супруги, родители и дети, друг, близкий коллега) и даже животных (животные отражают психическое состояние своих владельцев).

Ч. Тойч показал, что человек свои проблемы, свой стресс может проявлять тремя способами:

- **внутричеловеческий**, когда человек проявляет, выражает свой собственный стресс через недомогание, болезни, переживание, злость, алкоголизм, смерть или другие формы, являющиеся генетически предсказуемыми;
- **межчеловеческий**, когда проблема, **стресс** вытесняется у человека-репрессора на бессознательный уровень и **неосознанно проецируется, передается другому человеку (экспрессору)** на бессознательном уровне. Таким образом, экспрессор (это может быть супруг, ребенок, друг) будет ощущать подсознательно этот стресс и выражать его внешне в разных формах (злость, болезни, пьянство, наркомания), т. е. быть невольной «жертвой» «заразного чужого стресса». При этом репрессор — первоисточник стресса — кажется спокойным, здоровым, благополучным;
- **генетический**, когда потомкам посредством генетического кода передаются те проблемы, которые не преодолены человеком; и дети, внуки, правнуки являются невольными «жертвами» проблем и «грехов» своих предков. Чем серьезнее недостаток или проблема, тем быстрее он переходит к потомкам, причем неустраненный стресс предка будет развиваться по своей интенсивности, т. е. он передается из поколения в поколение и усиливается современными ситуациями. Этот бессознательный процесс передачи будет продолжаться до тех пор, пока не произойдет случайная модификация, или до тех пор, когда один или несколько потомков решат эту проблему и сделают внутреннюю сознательную попытку все понять и преодолеть навязчивый паттерн проблем и поведения. Таким образом, **смысл жизни** многих людей — **преодолеть проблему предков, очистить ДНК и не создавать новых тягостных проблем, за ко-**

торые будут расплачиваться потомки. Соединение генетических, бессознательных и сознательных факторов образует **основное внутреннее направление (ОВН)**, в соответствии с которым человек движется по жизни, зачастую независимо от своих сознательных реакций.

Излучение ОВН притягивает взаимодополняющих людей. Так, «жертва» не может быть без «преследователя», образ которого могут принимать люди, болезни, несчастный случай или смерть. Только когда мы изменим наше сознание, мы можем преобразовать нежелательный паттерн поведения, нежелательный семейный код проблем «для блага нас и наших потомков». Описанная выше концепция Ч. Тойча **психогенетики и виктимологии** раскрывает один из аспектов тесной взаимосвязи человека с предками и потоками, «психической неосознаваемой связи» людей друг с другом.

Трансперсональная психология подчеркивает, что **человек взаимосвязан не только с предками, потомками, другими людьми и всем человечеством, но и со всем миром, биосферой, космосом, Вселенной.** Эти положения созвучны идеям Вернадского о биосфере и ноосфере.

Как уже говорилось, В.И. Вернадский считал, что Земля и остальной **космос** являются единой системой, в которой живое **вещество** связывает в единое целое те процессы, которые **протекают на Земле**, с процессами в Космосе. **Вернадский поднимается** на гениальную высоту в осознании **геологической роли** человеческого разума, приведшего к **преобразованию биосферы в сферу вселенского разума — ноосферу.**

Конкретным проявлением ноосферы в нашем **повседневном** мире являются многочисленные парапсихологические явления, связанные с так называемым информационным полем. Термин этот появился недавно и заменил старое понятие Всемирного разума. Во все времена услугами этого разума пользовались люди с самым **развитым** интеллектуальным мышлением.

Информационное поле содержит информацию **обо всем** во Вселенной и способно зарождать жизнь и направлять ее развитие. Это поле пронизывает всю Вселенную от края до края и содержит в себе информацию о прошлом, настоящем и будущем. **Ведь** не располагая такой информацией,

нельзя оказывать направленное воздействие на развитие в будущем. Более того, можно предположить, что это не только информационное поле и огромный банк информации обо всем во все времена, но и абсолютный Разум. Ведь непрерывно должна идти переработка огромного количества информации и выработка оптимальных решений.

Ученые предполагают, что информация о каждом предмете, об объектах живых и неживых имеется во всех **точках Вселенной одновременно**. Она не передается с одного пункта в другой каким-либо способом, с какой-либо ограниченной скоростью, она просто существует везде и всегда. И задача только в получении, считывании этой информации. Это и есть информационное поле Вселенной. Академик *М.А. Марков* так охарактеризовал информационное поле: «...Информационное поле Земли слоисто и структурно напоминает «матрешку», причем каждый слой связан иерархически с более высокими слоями, вплоть до Абсолюта, и является, кроме банка информации, еще и регулятором начала в судьбах людей и человечества». *В.Н. Пушкин* пишет: «Необходимо еще раз вспомнить о единстве информационных процессов в жизни и психике». Голографическая природа Вселенной, в том числе и биополя человека и его мозга, означает, что информация обо всем содержится одновременно везде и в полном объеме. Вывод из этого звучит достаточно необычно: в каждом из нас содержится информация абсолютно обо всем, что происходит и происходило во Вселенной — в полном объеме. Это звучит необычно, потому что эту информацию мы хотя и содержим, но ею не располагаем, не осознаем ее, но можем ее использовать. Значит, голографическое строение Вселенной (в том числе и нас самих) неизбежно приводит к тому, что информационное поле Вселенной находится в каждом из нас. Если говорить на языке ранее применяемых терминов, то Бог находится в каждом из нас.

Современные психологи, представители трансперсональной психологии в ходе многолетних практических экспериментов создали **модель** человеческой души, в которой **признается значимость** духовного и космического измерений и **возможностей** для эволюции человека. Огромную известность из многих представителей трансперсональной психологии получил Станислав Грофф своими исследова-

ниями по изучению измененных состояний сознания. Сначала с помощью психоделических препаратов (главным образом ЛСД), потом с помощью психотерапии, с использованием специального дыхания и музыки (ребефинг, голотропное погружение) он вводит своих пациентов в особое состояние. Начинаются удивительные переживания, которые невозможно объяснить в рамках старой материалистической системы взглядов. Человек переживает заново не только свое собственное рождение, но и все стадии внутриутробного развития. По мнению С. Гроффа, **трансперсональные явления обнаруживают связь человека с космосом** — взаимоотношение, в настоящее время непостижимое. Глубокое исследование индивидуального бессознательного становится эмпирическим путешествием по всей Вселенной, в ходе которого **сознание человека выступает за обычные пределы и преодолевает ограничения времени и пространства**. Трансперсональные переживания интерпретируются испытывавшими их как возвращение в исторические времена и исследование своего биологического и духовного прошлого, когда человек проживает воспоминания жизни предков, свои воплощения. Трансперсональные явления включают не только преодоление временных барьеров. К ним относится опыт слияния с другим человеком в состоянии двуединства (то есть чувство слияния с другим организмом в одно состояние без потери собственной самоидентичности) или опыт полного отождествления с ним; подстройка к сознанию целой группы лиц или расширение сознания до такой степени, что кажется, будто им охвачено все человечество. Сходным образом индивид может выйти за границы чисто человеческого опыта и подключиться к тому, что выглядит как сознание животных, растений или даже неодушевленных объектов и процессов. Важной категорией трансперсонального опыта с трансценденцией времени и пространства будут разнообразные явления экстрасенсорного восприятия — например, опыт существования вне тела, телепатия, предсказание будущего, ясновидение, перемещение во времени и пространстве, опыт встреч с душами умерших или со сверхчеловеческими духовными сущностями (архетипические формы, божества, демоны и т. п.). В трансперсональных переживаниях люди часто получают доступ к детальной эзотерической информации о соответ-

ствующих аспектах материального мира, которая далеко превосходит их общую образовательную подготовку и специфические знания в данной области. Так, сообщения людей, испытавших трансперсональные переживания и переживших эпизоды эмбрионального существования, момент оплодотворения и фрагменты создания клетки, ткани и органа, содержали медицински точные сведения об анатомических и физиологических аспектах происходивших процессов. Подобным образом наследственный опыт, элементы коллективного и расового бессознательного (в юнговском смысле) и воспоминания прошлых воплощений часто содержат примечательные детали исторических событий, костюмов, архитектуры, оружия, искусства или религиозной практики древних культур (о чем человек знать никак не мог). Трансперсональный опыт иногда включает события из микрокосма и макрокосма, из областей, недостижимых непосредственно человеческими органами чувств, или из периодов, исторически предшествовавших появлению Солнечной системы, Земли, живых организмов. Эти переживания ясно указывают, что каким-то, необъяснимым пока, образом **каждый из нас имеет информацию обо всей Вселенной, обо всем существующем**, каждый имеет потенциальный **эмпирический доступ ко всем** ее частям и в некотором смысле является одновременно всей космической сетью и бесконечно малой ее частью, отдельной и незначительной биологической сущностью.

При трансперсональных переживаниях люди часто «видят» яркие и сложные эпизоды других культур и исторических периодов, проживают отдельные моменты своих предыдущих жизней. Люди, переживающие трансперсональные проявления сознания, начинают догадываться, что сознание не является продуктом центральной нервной системы и что оно как таковое присуще не только людям, а является первостепенной характеристикой существования, которую невозможно свести к чему-то еще или откуда-то еще извлечь. Человеческая психика, по существу, соразмерна всей Вселенной и всему существующему.

Хотя это и кажется абсурдным и невозможным с точки зрения классической логики, но человеку свойственна странная двойственность: **в некоторых случаях людей можно с успехом описать как отдельные материальные объекты, как биологические машины, т. е. приравнять**

человека к его телу и функциям организма. Но в других случаях человек может функционировать как безграничное поле сознания, которое преодолевает ограничения пространства, времени и линейной причинности. Для того чтобы описать человека всесторонним способом, мы должны признать парадоксальный факт, что человек одновременно и материальный объект, и обширное поле сознания. Люди могут осознавать себя самих с помощью двух различных модусов опыта. Первый из этих модусов можно назвать хилотропическим **сознанием**: он подразумевает знание о себе как о вещественном физическом существе с четкими границами и ограниченным сенсорным диапазоном, которое живет в трехмерном пространстве и линейном времени в мире материальных объектов. Переживания этого модуса систематически поддерживают следующие базовые предположения: материя вещественна; два объекта не могут одновременно занимать одно и то же пространство; прошлые события безвозвратно утрачены; будущие события эмпирически недоступны; невозможно одновременно находиться в двух и более местах. Другой эмпирический модус можно назвать холотропическим сознанием: он подразумевает поле сознания без определенных границ, которое имеет неограниченный опытный доступ к различным аспектам реальности без посредства органов чувств. Переживания в холотропическом модусе систематически поддерживаются противоположными (чем у хилотропического модуса) предположениями: вещественность и непрерывность материи является иллюзией; время и пространство в высшей степени произвольно: одно и то же пространство одновременно может быть занято многими объектами; прошлое и будущее можно эмпирически перенести в настоящий момент; можно иметь опыт пребывания в нескольких местах сразу. Жизненный опыт, ограниченный хилотропическим модусом, в конечном счете, лишен завершенности и чреват потерей смысла, хотя может обходиться без больших эмоциональных невзгод. А выборочный и исключительный фокус на холотропическом модусе несовместим (в то время, пока такое переживание длится) с адекватным функционированием в материальном мире. До сих пор традиционная психиатрия рассматривает всякое чистое переживание холотропического модуса как проявление патологии. Но этот

подход устарел и неверен, ибо в природе человека отражены фундаментальная двойственность и динамическое напряжение между опытом отдельного существования в качестве материального объекта и опытом безграничного существования как недифференцированного поля сознания, т. е. **и хилотропический, и холотропический модусы естественны для человека**, а психопатологические проблемы возникают в столкновении и негармоничном смещении двух модусов, когда ни один из них не переживается в чистом виде, не интегрируется с другим в переживании высшего порядка.

Результаты новейшей релятивистской космологии дают человеческому духу пока только теоретическую возможность выхода за пределы земного существования, а стало быть, придают его конечной земной жизни качественно новый смысл. И хотя **тело человека смертно, его дух (информационный сгусток) вечен**. И даже в случае гибели нашей Вселенной информационный сгусток человека будет и дальше существовать в некоей форме, когда же Вселенная появится вновь, этот информационный сгусток сможет воплотиться в новой форме и продолжить свое дальнейшее существование, т. е. его бессмертие связано с бессмертием Вселенной.

Наиболее подходящей моделью для объяснения психофизических феноменов (получение информации из недоступного прошлого и пророчество будущего) считается **голографическая модель**, одним из вариантов которой является модель «преобразования», сформулированная и разработанная западным нейропсихологом К. Прибрамом и американским физиком Д. Бомом. В этом варианте подчеркивается, что **информация во Вселенной организована** не посредством параметров пространства и времени, **а как частотно-амплитудная структура**. С этой структурой человеческое сознание производит «преобразования Фурье», чтобы упорядочить информацию и представить ее в привычной форме. Особенность такого рода модели состоит в том, что **сознание способно при помощи «преобразования Фурье» проникать в любую часть пространства и времени и извлекать соответствующую информацию с последующей ее интерпретацией**.

В соответствии с моделью «преобразований» биологические системы, живое вещество планеты и окружающее

пространство могут быть представлены как единая физически организованная система, подобная единой гигантской околосемной «голограмме». В этой голографической системе биологические организации, включая человека, его психические функции, не являются изолированными, так или иначе они включаются в предполагаемую единую пространственно-временную физическую организацию «памяти». В этом информационном пространстве возможны новые пути коммуникаций в живом веществе, между его «частями». Особое место здесь принадлежит человеку с его нервно-психической и социальной деятельностью, с его памятью, связанной с памятью биосферы как целого.

Большой интерес представляет концепция **коммуникации человека с другими индивидами и явлениями окружающего его мира при помощи биосферы**. Человек как биосистема имеет память, которая связана электромагнитным каналом с биосферой, обладающей тоже памятью. Ведь биосфера имеет дифференцированное строение — ее различные элементы выполняют различные функции чувствительных биосферных рецепторов, которые обладают опережающим отражением будущих возмущений экологического порядка. При помощи своих «сенсоров» биосфера постоянно «прослушивает», «просматривает» земные глубины и космос, чтобы уловить малейшие сигналы возможных нарушений ее стабильности. **Биосфера как единый природный организм обладает своего рода «сенсорно-мозговой» деятельностью и соответствующей «памятью»** или «биосферно-экологическим языком». Биосфера имеет память, ее многообразные компоненты (отдельности, говоря языком В.И. Вернадского) — различные виды растений, животных, вид человека — накапливают информацию и в совокупности фиксируют мозаичную картину окружающего мира. Живые системы обладают биосенсорами, необычно чувствительными электромагнетическими аппаратами, которые позволяют поддерживать контакт с биосферой. Биосенсоры представляют собой естественные процессоры переработки информации: они воспринимают еле уловимые стимулы и преобразуют их в электромагнитные импульсы или оптические сигналы. Наиболее важной чертой всех биосенсоров является их необыкновенно высокая чувствительность, они обнаруживают одну частицу из миллиона

или даже миллиарда других частиц, что позволяет им получать информацию из окружающей среды. Электромагнитные волны и химические вещества переносят эту информацию о мире в закодированном виде в рамках самой биосферы. Закодированные образы окружающего мира циркулируют в пространстве между землей и ионосферой и могут воспроизводиться в измененных состояниях сознания человека — трансперсональные переживания, гипнотический транс, экстаз, сновидения, галлюцинации. Они также дают возможность человеку в определенных условиях «считывать» эту информацию, что и объясняет психофизиологические феномены ясновидения, реинкарнационные воспоминания и т. д.

Трансперсональные переживания часто имеют глубокую смысловую связь с паттернами событий во внешнем мире, которую не объяснить в терминах линейной причинности. К. Юнг в связи с этим предположил существование акаузального связующего **принципа синхронности**, которое обозначает **осмысленные совпадения событий, разделенных во времени и пространстве**, когда «определенное психическое состояние имеет место одновременно с одним или несколькими внешними событиями, которые возникают как значимые параллели текущему субъективному состоянию». Современные исследования сознания показывают, что **человеческая психика по своему существу соразмерна всей Вселенной и всему существующему**. Вселенная выступает единой и неделимой сетью событий и взаимосвязей, ее части представляют разные аспекты и паттерны одного интегрального процесса невообразимой сложности. Выдающийся физик Д. Бом описывает природу реальности вообще и сознания в частности как неразрывное и когерентное целое, вовлеченное в бесконечный процесс изменения — холоддвижение. **И жизнь, и неодушевленная материя имеют общее основание в холоддвижении, которое является их первичным и универсальным источником**. Материю и сознание нельзя объяснить друг через друга или свести друг к другу, они представляют неразрывное единство. Не исключено, что при определенных обстоятельствах индивид может восстановить свою тождественность с космической сетью и сознательно пережить любой аспект ее существования.

Для телепатии, психодиагностики, видения на расстоянии или астральной проекции вопрос уже не в том, возможны ли такие явления, а в том, как описать барьер, не позволяющий им происходить в любое время. Возможность существования сознания вне мозга человека уже серьезно рассматривается в контексте современной физики. Некоторые физики считают, что следует включить сознание в будущую теорию материи и размышление о физической Вселенной **как наиважнейший фактор и связующий принцип космической сети**. Подчеркнем еще раз: чтобы описать человека всесторонним образом, мы должны признать, что человек есть единство материального тела (биомашины) и бесконечного поля сознания, т. е. речь идет о корпускулярно-волновой природе человека.

О необходимости создания планетарной этики говорят *К.О. Апель, С. Стоянов, Б. Матилал* и другие мыслители Востока и Запада. Суть ее состоит в следующем. Прежде всего в некотором смысле мы уже живем в планетарной цивилизации, так как наиболее важные аспекты культуры (наука, техника и экономика) достаточно унифицированы, и все локальные культуры стали членами одной команды одного корабля. Чтобы этот корабль не погиб в результате клубка глобальных проблем, нужно всем осознать «коллективную ответственность», значимость создания «универсальной», «планетарной» этики. Последняя должна, с одной стороны, признавать и защищать многоликость образов жизни (культурный плюрализм), с другой — отстаивать интересы человечества в целом.

Закончить изложение концепций современного естествознания нам бы хотелось словами известного философа-гуманиста *Ю.Г. Волкова*: «В современных условиях физические, химические, биологические, социальные науки изучают отдельные стороны, процессы Вселенной, создавая частичное знание о мире. Синтетические, стыковые науки: физическая химия, геохимия, биофизика, биогеохимия (В.И. Вернадский) — изучают целостно лишь отдельные процессы Вселенной. Космология рассматривает только физический и физико-химический аспект мироздания. В действительности Вселенная не расчленена на отдельные природные и социальные процессы, во Вселенной они выступают в органическом единстве, как единое целое. Эво-

люция Вселенной в прошлом и настоящем имеет направленность на самопознание, потому что человек и его общество являются неотъемлемой рефлексивной частью мироздания. Чтобы рассмотреть Вселенную как единое органическое целое, необходима особая целостная форма идеологии, которая будет представлять собой синтез философского, научного, художественного, морального, правового, политического, экономического, экологического знания, дающая целостное знание о мире, о месте и роли человека в нем. Целостное знание о мире будет являться основой формирования действительно целостной личности как главной цели гуманистического общества, основанного на подлинно человеческих ценностях»¹².

Вопросы для самоконтроля

1. Покажите различные подходы к пониманию термина «биоэтика».
2. Что такое ранговая иерархия у животных? В чем суть конкуренции между стратами *Альфа* и *Бета* в сообществе животных?
3. Какие особенности присущи самоактуализирующейся личности?
4. Назовите способы активации творческих мыслительных способностей?
5. В чем состоит основное противоречие и единство феноменов здоровья и болезни?
6. Перечислите психологические состояния человека, способствующие возникновению различных переживаний.
7. Можно ли говорить о количестве здоровья и чем оно измеряется?
8. Назовите различные фазы работоспособности.
9. В чем суть проблемы возникновения жизни с космологической точки зрения?
10. Что такое «биосфера» согласно концепции В.И. Вернадского?
11. Что включает в себя ноосфера?
12. Поясните, что подразумевается под хиральностью живой материи?
13. В чем состоит противоречие между хилотропическим и холотропическим модулями сознания?

Примечания

¹ *Гудолл Дж.* Шимпанзе в природе: поведение. М., 1992.

² *Шовен Р.* Поведение животных. М., 1972.

³ *Эфроимсон Р.* Родословная альтруизма // Новый мир. 1972. № 11.

⁴ Это одна из гипотез происхождения Вселенной, не имеющая научного доказательства.

⁵ Сам термин в переводе с латинского означает «обман, тщетное ожидание». Фрустрация переживается как напряжение, тревога, отчаяние, гнев, которые охватывают человека, когда на пути к достижению цели он встречается с неожиданными помехами, которые мешают удовлетворению потребности.

⁶ *Альтшуллер Г.С.* Найти идею. Новосибирск, 1986. С. 186.

⁷ Абиогенез (возникновение живого из неживого) — теория происхождения жизни путем постепенного усложнения веществ неорганической природы и возникновения биополимеров, которым присущи основные свойства живого, прежде всего способность к обмену веществ как непрерывному условию их существования.

⁸ Пассионарность как характеристика поведения (по Л.Н. Гумилеву) — эффект избытка биохимической энергии живого вещества, порождающий жертвенность ради иллюзорной цели.

⁹ *Селье Г.* Стресс и жизнь / Цит. по: *Холей Д.* Тайна здоровья. М., 1992. С. 21.

¹⁰ *Шарден П.Т де.* Феномен человека. М., 1987. С. 135.

¹¹ *Вернадский В.И.* Биосфера. М., 1967. С. 227.

¹² *Волков Ю.Г.* Гуманистическое будущее России. М., 1995. С. 102.

I ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Раздел I. Научный метод	7
ПОНЯТИЯ метода и методологии. Классификация методов научного познания.....	7
1. Общенаучные методы эмпирического познания.....	10
1.1. <i>Научное наблюдение</i>	10
1.2. <i>Эксперимент</i>	13
1.3. <i>Измерение</i>	18
2. Общенаучные методы теоретического познания.....	22
2.1. <i>Абстрагирование и идеализация.</i> <i>Мысленный эксперимент</i>	22
2.2. <i>Формализация. Язык науки</i>	28
2.3. <i>Индикция и дедукция</i>	31
3. Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания.....	34
3.1. <i>Анализ и синтез</i>	34
3.2. <i>Аналогия и моделирование</i>	36
Раздел II. История естествознания	42
1. Естествознание эпохи античности.....	42
1.1. <i>Натурфилософия и ее место в истории</i> <i>естествознания. Возникновение</i> <i>античной науки</i>	42
1.2. <i>Миропонимание и научные достижения</i> <i>натурфилософии античности. Атомистика.</i> <i>Геоцентрическая космология. Развитие</i> <i>математики и механики</i>	44
2. Естествознание эпохи средневековья.....	50
3. Естествознание эпохи Возрождения и Нового времени.....	52
3.1. <i>Научные революции в истории естествознания</i>	52
3.2. <i>Первая научная революция.</i> <i>Гелиоцентрическая система мира.</i> <i>Учение о множественности миров</i>	53
3.3. <i>Вторая научная революция.</i> <i>Создание классической механики</i> <i>и экспериментального естествознания.</i> <i>Механическая картина мира</i>	55
3.4. <i>Химия в механистическом мире</i>	61

3.5. Естествознание Нового времени и проблема философского метода.....	62
3.6. Третья научная революция. Дialeктизация естествознания.....	65
3.7. Очищение естествознания от натурфилософских представлений.....	72
3.8. Исследования в области электромагнитного поля и начало крушения механистической картины мира.....	77
4. Естествознание XX века.....	80
4.1. Четвертая научная революция. Проникновение в глубь материи. Теория относительности и квантовая механика. Окончательное крушение механистической картины мира.....	80
4.2. Научно-техническая революция, ее естественнонаучная составляющая и исторические этапы.....	86
4.3. Панорама современного естествознания.....	91
Раздел III. Элементы современной физики.....	120
1. Пространство и время.....	120
1.1. Развитие представлений о пространстве и времени в доньютоновский период.....	120
1.2. Пространство и время в классической механике Ньютона.....	126
1.3. Дальнедействие и близкоедействие. Развитие понятия «поля».....	131
2. Принципы относительности.....	135
2.1. Принцип относительности Галилея.....	135
2.2. Принцип наименьшего действия.....	138
2.3. Специальная теория относительности А. Эйнштейна.....	142
2.4. Элементы общей теории относительности.....	152
3. Закон сохранения энергии в макроскопических процессах.....	157
3.1. «Живая сила».....	158
3.2. Работа в механике. Закон сохранения и превращения энергии в механике.....	161
3.3. Внутренняя энергия.....	165
3.4. Взаимопревращения различных видов энергии друг в друга.....	176
4. Принцип возрастания энтропии.....	179
4.1. Идеальный цикл Карно.....	180
4.2. Понятие энтропии.....	184
4.3. Энтропия и вероятность.....	187
4.4. Порядок и хаос. Стрела времени.....	191

4.5. «Демон Максвелла».....	192
4.6. Проблема тепловой смерти Вселенной, уктуационная гипотеза Больцмана.....	193
4.7. Синергетика. Рождение порядка из хаоса.....	197
5. Элементы квантовой физики.....	200
5.1. Развитие взглядов на природу света. Формула Планка.....	200
5.2. Энергия, масса и импульс фотона.....	203
5.3. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества.....	203
5.4. Принцип неопределенности Гейзенберга.....	208
5.5. Принцип дополнительности Бора.....	209
5.6. Концепция целостности в квантовой физике. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена.....	210
5.7. Волны вероятности. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике.....	213
5.8. Состояния физической системы. Динамические и статистические закономерности в природе.....	214
5.9. Релятивистская квантовая физика. Мир античастиц. Квантовая теория поля.....	219
6. На пути построения единой теории поля.....	222
6.1. Теорема Нетер и законы сохранения.....	222
6.2. Понятие симметрии.....	224
6.3. Калибровочные симметрии.....	225
6.4. Взаимодействия. Классификация элементарных частиц.....	228
6.5. На пути к единой теории поля. Идея спонтанного нарушения симметрии вакуума.....	234
6.6. Синергетическое видение эволюции Вселенной. Историзм физических объектов. Физический вакуум как исходная абстракция в физике.....	237
6.7. Антропный принцип. «Тонкая подстройка» Вселенной.....	241
Раздел IV. Основные понятия и представления химии.....	246
1. ХИМИЯ в системе «общество — природа».....	246
2. Предмет химии.....	250
3. Физические и химические изменения веществ.....	251
4. Химический анализ. Понятие о химическом элементе.....	252
5. Химический синтез. Понятие о соединении.....	253
6. Химические обозначения.....	254
7. Основные законы химии.....	255
8. Реакционная способность веществ.....	257

9. Атомно-молекулярное учение.....	258
10. Химическая технология. Химическая промышленность.....	263
Раздел V. Возникновение и эволюция жизни.....	266
1. Теории возникновения жизни.....	266
1.1. Креационизм.....	267
1.2. Самопроизвольное (спонтанное) зарождение.....	267
1.3. Теория стационарного состояния.....	270
1.4. Теория панспермии.....	271
1.5. Биохимическая эволюция.....	272
2. Теория эволюции.....	279
2.1. Теория эволюции Ламарка.....	280
2.2. Дарвин, Уоллес и происхождение видов в результате естественного отбора.....	281
2.3. Современное представление об эволюции.....	283
3. Подтверждение теории эволюции.....	284
3.1. Палеонтология.....	284
3.2. Географическое распространение.....	286
3.3. Классификация.....	287
3.4. Селекция растений и животных.....	287
3.5. Сравнительная анатомия.....	288
3.6. Адаптивная радиация.....	289
3.7. Сравнительная эмбриология.....	289
3.8. Сравнительная биохимия.....	290
3.9. Эволюция и генетика.....	291
4. Единство и многообразие органического мира.....	293
5. Жизнь как биологический круговорот веществ.....	298
Раздел VI. Человек.....	307
1. Происхождение человека и цивилизации.....	307
1.1. Возникновение человека.....	307
1.2. Проблема этногенеза.....	314
1.3. Культурогенез.....	320
1.4. Появление цивилизации.....	324
2. Генезис и сущность сознания.....	331
3. Биоэтика и поведение человека.....	341
4. Творчество.....	365
5. Здоровье и работоспособность.....	375
6. Современные исследования проблемы здоровья долголетия человека.....	396
7. Человек и биосфера.....	407
7.1. Концепция ВЛ. Вернадского о биосфере и феномен человека.....	407
7.2. Космические циклы.....	423
7.3. Цикличность эволюции. Человек как космическое существо.....	429

Серия
«Учебники и учебные пособия»

КОНЦЕПЦИИ
СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Ответственный
за выпуск: *Баранникова Е.*
Редактор: *Федоров И.*
Корректор: *Полякова Л.*
Художник: *Лойкова И.*
Верстка: *Машир Т.*

Лицензия ЛР № 065194 от 2 июня 1997 г.

Сдано в набор 22.11.2002 г. Подписано в печать 23.01.2003 г.
Формат 84x108 $\frac{1}{32}$. Бумага типографская.
Гарнитура Школьная.
Тираж 5 000. Заказ № 671.

Издательство «Феникс»
344007, г. Ростов-на-Дону,
пер. Соборный, 17

Отпечатано с готовых диапозитивов в ЗАО «Книга».

344019, г. Ростов-на-Дону, ул. Советская, 57.

Качество печати соответствует предоставленным диапозитивам.