

А.А.Горелов

Концепции современного естествознания

Книга призвана обеспечить студента всем необходимым для успешного овладения курсом «Концепции современного естествознания». Она органично соединяет лекционный материал, практикум к семинарским занятиям и хрестоматию, включающую отрывки из основных работ крупнейших ученых XX века – А.Пуанкаре, А.Эйнштейна, В.Гейзенберга, И.Пригожина, Н.Винера, К.Лоренца и В.И.Вернадского. Пособие снабжено необходимым справочным аппаратом: календарем научных открытий, словарем терминов и т.п.

Автор книги – Горелов Анатолий Алексеевич – ведущий научный сотрудник Института философии РАН, доктор философских наук, автор 10 книг по проблемам экологии, естествознания, философии, культуры.

ISBN 5-691-00122-1

9 785691 001222

Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС

А.А.Горелов

Концепции современного естествознания



ВЛАДОС

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

ББК 20
Г67

Горелов А.А.

Г67 Концепции современного естествознания: Учебное пособие, практикум, хрестоматия. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 512 с.: ил.

ISBN 5-691-00122-1

Цель пособия – помочь студенту овладеть новым предметом, введенным в систему преподавания в высшей школе. Рассматривается специфика естественнонаучного познания, его роль в развитии культуры. Формулируются основные идеи, характеризующие современную науку, и главные теории XX в.

Помимо лекционного курса, в конце каждого раздела предлагаются упражнения, призванные облегчить усвоение непростого для студентов-гуманитариев естественнонаучного материала.

Для студентов высших учебных заведений гуманитарного профиля и всех интересующихся концепциями современного естествознания.

ББК 20

© Горелов А.А., 1998
© «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 1998
Все права защищены

ISBN 5-691-00122-1

ПРЕДИСЛОВИЕ

"Концепции современного естествознания" — новый предмет в системе высшего образования. Прежде чем приступить к изложению этой дисциплины, зададим себе вопросы: Насколько широко должен быть эрудирован человек, работающий в определенной, довольно узкой области знаний? В какой мере он должен быть в курсе современных представлений об окружающем мире? К. Поппер писал: "В наши дни ни один человек не может считаться образованным, если он не проявляет интереса к естественным наукам. Обычное возражение, согласно которому интерес к изучению электричества или стратиграфии мало что дает для познания человеческих дел, только выдает полное непонимание человеческих дел. Дело в том, что наука — это не только собрание фактов об электричестве и т. п.; это одно из наиболее важных духовных движений наших дней. Тот, кто не пытается понять это движение, выталкивает себя из этого наиболее знаменательного явления в истории человеческой деятельности... И не может быть истории идей, которая исключала бы историю научных идей". (К. Поппер).

Наука — это не только совокупность знаний. «... Науке можно учить как увлекательнейшей части человеческой истории — как быстро развивающемуся росту смелых гипотез, контролируемых экспериментом и **критикой**. Преподаваемая таким образом, т.е. как часть истории "естественной философии" и истории проблем и идей, она могла бы стать основой нового свободного университетского образования, целью которого (там, где оно не может готовить специалистов) было бы готовить, по крайней мере **людей, которые могли бы отличить шарлатана от специалиста.**» (К. Поппер).

Итак, для чего же нужно изучать современное естествознание? Во-первых, для того, чтобы стать культурным человеком, надо знать, что такое теория относительности, генетика, синергетика, социобиология, экология, этология и другие науки. Во-вторых, это важно и потому, что многое в нашей жизни строится в соответ-

Тесная связь между наукой и техникой, отражающаяся в самом термине "научно-техническая революция", облегчается тем обстоятельством, что, как отметил Б. Рассел, "мир техники в широком смысле имеет ту же рациональную структуру, что и идеальный мир науки. Техника исходит из науки, а последняя руководствуется техникой".

Эта связь между наукой и техникой, постоянно усиливающаяся, особенно в западной культуре, привела в середине XX в. к созданию качественно новой системы, породившей принципиально новую ситуацию на всей нашей планете. Осознание этой реальности — процесс, который еще далек от своего завершения.

Итак, современная наука имеет две основные функции: познавательную и практическую. Люди развивают науки как для раскрытия тайн и загадок природы, так и для решения практических задач. Познавательная функция позволяет удовлетворить потребность в познании существующих связей окружающего мира. Познавательная функция имеет самостоятельное значение, хотя и определяется зачастую особенностями и запросами практики в широком смысле слова.

Определение НТР

Современный этап научно-технического прогресса — эпоха НТР — это коренное преобразование производительных сил общества на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства и всей жизни общества (именно "коренное", почему и употребляется слово "революция"). Наука превращается в непосредственную производительную силу, тесно переплетается с техникой и производством (поэтому и называется не отдельно научная, техническая или промышленная, а научно-техническая революция), и это изменяет весь облик общественного производства, условия, характер и содержание труда, структуру производительных сил, оказывает воздействие на все стороны жизни.

В подготовке НТР, которая явилась закономерным следствием научно-технического прогресса последних веков, большое значение имело раскрытие сложной структуры атома, открытие явления радиоактивности, создание теории относительности, квантовой механики, генетики, кибернетики, широкое применение электричества, расщепление атомного ядра, развитие средств массовой информации и коммуникации, создание реактивной техники, механизация и автоматизация производства. Многое из того, что сейчас стало для нас обычным — автомобиль, самолет, радио, телевидение — все это продукты научно-технического прогресса, подготовившего в первой половине XX в. современную научно-техническую революцию.

Но собственно об НТР заговорили в середине нашего века в связи с созданием атомной бомбы. Использование атомной энергии имело огромный психологический эффект — люди убедились в колоссальных возможностях науки не только созидательных, но и разрушительных. Государства и частные инвесторы стали ассигновывать на науку огромные средства, начался стремительный рост числа научно-исследовательских институтов. Научная деятельность превратилась в массовую профессию.

Выход человека в космос стал следующей важной вехой научно-технической революции.

Символом НТР признаны электронно-вычислительные машины — принципиально новый вид техники, которому человек постепенно передает логические функции и в перспективе предполагает перейти к комплексной автоматизации производства и управления.

Можно также отметить широкое применение в эпоху НТР искусственных, прежде всего химических материалов, с заранее заданными свойствами, развитие биотехнологии, электронного приборостроения, так называемую зеленую революцию в сельском хозяйстве — повышение урожайности многих видов растений вследствие применения минеральных удобрений и пестицидов и т.п.

Главные направления НТР — комплексная автоматизация производства, контроля и управления производством; открытие и использование новых видов энергии; создание и применение новых материалов. Однако сущность НТР не сводится ни к ее отдельным характерным чертам, ни, тем более, даже к самым крупным научным открытиям и направлениям научного и технического прогресса. **НТР означает перестройку всего технологического базиса и способа производства, начиная с использования материалов и энергетических процессов и кончая системой машин и формами организации и управления, отношением человека к процессу производства.** НТР создает предпосылки для возникновения единой системы важнейших сфер человеческой деятельности: теоретического познания закономерностей природы и общества, комплекса технических средств и опыта преобразования природы, процесса создания материальных благ и способов рациональной взаимосвязи практических действий в процессе производства.

Воздействие НТР на жизнь общества

Роль науки и техники в жизни современного общества трудно переоценить. Научно-техническая революция резко повысила благосостояние народов, которые в первую очередь воспользовались ее результатами (имеются в виду преимущественно развитые страны). В этих странах была существенно снижена детская смертность и одновременно возросла продолжительность жизни. Произошли кардинальные изменения в быту: обычными предметами обихода стали телевизоры, магнитофоны, видеотехника, персональные компьютеры. Жизнь стала более удобной и комфортной. О степени развития стран судят по тому, насколько в них используются достижения НТР.

Технические средства увеличивают возможность выбора, и чем из большего количества вариантов можно выбирать, тем больше степень индивидуальной свободы. Человек в состоянии создавать и выбирать из альтернатив будущего ту, которая в большей степени соответствует его целям и потребностям. Возникает, впрочем, проблема психосоматической адаптации человеческого организма к создаваемой им искусственной среде, но, как известно, адаптационные возможности человека намного выше, чем у других видов жизни.

Конечно, было бы наивно думать, что НТР сама по себе, независимо от ее соотношения со структурой общества и личности способна сделать человека счастливым, обеспечивая его все бóльшим количеством материальных благ. НТР дала человеку в руки атомную энергию, но как он воспользуется ею — зависит от общества, в распоряжение которого данная сила поступает. Она может быть использована во благо человека, а может привести к уничтожению планеты в ядерной войне.

Еще один, бытовой пример. НТР создала радио и телевизор и тем самым облегчила доступ к информации о мире. Но если человек будет все свободное время сидеть у экрана, то в результате пассивного образа жизни он разучится общаться с другими людьми, с природой, станет некоммуникабельным, испортит зрение и т.п. Использовать достижения НТР нужно с умом.

НТР неразрывно связана с человеком, его желаниями и надеждами. С одной стороны, наука дает человеку желаемое, с другой — сама НТР влияет на него определенным образом, чего он может и не замечать. Человек эпохи НТР с ее ускоренным темпом жизни совсем не тот, что был прежде, хотя усложнение его бытия в психологическом смысле может сопровождаться уменьшением физической активности.

К тезису о том, что наука выполняет желания человека, следует сделать и одно серьезное дополнение. **Применяя какое-либо достижение науки и получая при этом определенный результат, часто вслед за ожидаемой пользой человек имеет нежелательные последствия.** Это можно проследить в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике.

Как пример: слишком много у нас писали о том, что человек борется с природой, покоряет, побеждает ее. Результаты такой победы налицо: природа разрушается, исчезают виды животных и растений или становятся редкими и заносятся в "Красную книгу", загрязняются реки, моря, океаны, атмосфера, почва, литосфера. Выясняется, что победа человека над природой — это совсем не то, что победа в футбольном матче, после которой соперники могут разойтись до следующей встречи. Человек не может жить вне природы, он един с нею (хотя это единство и противоречиво, поскольку человек вынужден преобразовывать окружающую среду и не может жить иначе), и поэтому **то, что плохо для природы, в конечном счете отрицательно сказывается на человеке.**

Воздействие НТР на мировоззрение людей

Несомненно, наука имеет огромное мировоззренческое значение. Достаточно вспомнить тот переворот в умах, который произошел в результате отказа от геоцентрической картины мира и получивший название "коперниканской революции". В прошлом веке большое влияние на сознание людей имела эволюционная теория Дарвина.

Роль науки в жизни общества неуклонно возрастала на протяжении последних столетий. Соответственно, можно говорить и о возрастании мировоззренческого значения науки. **Наука и НТР в целом продолжают и поныне оказывать огромное воздействие на формирование мировоззрения людей.** Причем как сами научные достижения, например, синергетика, так и их применение в традиционных направлениях научного поиска (информатика).

Научные достижения оказывают как положительное, так и отрицательное влияние, о чем свидетельствует современная экология. Мировоззренческое значение имеют и новые научно-методологические средства, как, например, системный подход. Есть все основания думать, что и в обозримом будущем мировоззренческое значение науки будет возрастать.

Существует воздействие и в обратном направлении. **Не только НТР влияет на мировоззрение, но и мировоззренческие сдвиги оказывают большое влияние на направление научных исследований.**

Многих сейчас волнует вопрос о космических пришельцах. Посещают ли нас и посещали ли раньше разумные обитатели других планет? Несомненно, что наука должна давать аргументированный ответ на эти вопросы. Поэтому появление таких новых направлений научного знания, как уфология и палевизитология, которая изучает возможности контакта человека с представителями иных цивилизаций в прошлом, весьма характерно. Даже если никаких пришельцев не было и нет, наука должна изучать феномен небывалого интереса к этой проблеме, хотя бы с точки зрения социальной психологии.

То, что волнует широкие массы людей, достойно научного интереса. В свое время Ф. Энгельс писал о необходимом характере появления разумных существ на других планетах, даже если цивилизация на Земле погибнет. В этом нет ничего невероятного, хотя кому-то, может быть, хотелось бы чувствовать себя уникальным венцом Вселенной.

Напомню сходный момент из истории. Когда обсуждались гелио- и геоцентрическая картины мира, то одним из аргументов противников Коперника был тот, что человек — венец творения, и поэтому не может планета, на которой он находится, не занимать центрального положения во Вселенной, а быть лишь одной из планет, к тому же вращающейся вокруг Солнца. Как известно, этот аргумент не смог оказать в конечном счете противодействия научным данным. Возможна и убедительная трактовка проблемы наличия внеземных цивилизаций и контакта с ними. Научные данные также могут здесь оказаться решающими.

Отрицательные последствия НТР

Но не все так гладко в развитии науки, как хотелось бы видеть некоторым футурологам. Повышается благосостояние главным образом стран Запада, и в то же время миллионы людей во всем мире ежегодно умирают от голода. Слишком много сил наука тратит не на улучшение условий существования людей, а на подготовку новых средств их уничтожения. Будучи поставлена на службу милитаризму, наука способствует убийственной гонке вооружений, ведущей мир к бездне термоядерной катастрофы. Невозможно всерьез рассуждать о социально-этических проблемах современной науки, не учитывая, что сегодня в мире, по данным ООН, в военной сфере заняты более 25% общего числа научных работников и на нее приходится 40% всех расходов на научные исследования и опытно-конструкторские разработки.

Это отрицательные последствия НТР социального плана. Есть и другие, в частности, психологические. Наука и техника являются способом и средством становления человеческой сущности в природе и не могут быть объяснены в узкопрагматическом духе как инструмент адаптации человека к окружающей среде с целью выживания в ней. Сам термин "техника" означал первоначально ремесло и искусство творения мира. Технику и следовало бы рассматривать как умение и искусство преобразования действительности, в конечном счете, как способ творения человеком самого себя и окружающего мира. Если мы посмотрим с этой стороны, то станет ясно, что накопление однообразной техники столь же нелепо, как и вывешивание в музеях копий одних и тех же картин.

Пагубные для человека и природной среды последствия возникают не только вследствие собственно НТР, а при массовом тиражировании и распространении уже созданных технических новинок, что делает жизнь чрезмерно стандартизированной и однообразной. Автомобиль как техническое произведение — свидетельство торжества человеческого разума. Но миллиарды автомобилей — это уже экологическая опасность. Техника должна быть индивидуализированной в соответствии с творческим потенциалом, заложенным в ней, и конкретными характеристиками среды, в которой она используется.

Еще одно негативное психологическое последствие НТР связано с тем, что, способствуя росту знаний, наука приводит в то же время к отчуждению человека от природы и себе подобных. Массовое научное производство порождает такого же "частичного" (узкоспециализированного) работника, как и крупное промышленное производство. Зная все в своей узкой области деятельности, человек теряет способность к целостному осмыслению действительности.

В результате применения достижений современной науки в традиционных технологических рамках обостряется весь комплекс глобальных проблем, и прежде всего во взаимоотношениях между обществом и природой. Здесь мы сталкиваемся с разрывом между тем, что наука дает человечеству, и тем, что она могла бы дать, и эта проблема не научная или технологическая, а прежде всего социальная.

Известно, что ученые давно высказывали опасения относительно ухудшения экологической обстановки на нашей планете, но люди, ответственные за принятие административных решений, не прислушивались к их мнению. Начало НТР относят к середине XX в., а всего одним десятилетием позже экологическая проблема выступи-

на передний план. НТР и охрану природы недаром рассматривают вместе. **Когда мы говорим о благах, даруемых НТР, мы должны думать и о том, какой ценой это достигнуто.** "Ничто не дается даром", — так сформулировал один из своих законов экологии Б. Коммонер.

НТР приводит к усилению давления на природную среду, которому она уже неспособна противодействовать. К экологически негативным последствиям НТР следует отнести исчерпание природных ресурсов и рост капиталовложений в горнодобывающую промышленность, загрязнение природной среды, затопление территорий в результате строительства электростанций, обмеление и исчезновение рек, гибель не только отдельных представителей флоры и фауны, но и целых видов растений и животных и т. п.

Интенсивное промышленное и дорожное строительство ведет к сокращению площадей пахотных земель. По некоторым оценкам, на десятки миллионов легковых автомобилей, выпускаемых в год в мире, уходит половина мирового производства металлов. Транспорт потребляет от 15 до 33% всей расходуемой энергии и является одним из основных источников загрязнения атмосферы.

Парадокс состоит в том, что все согласны с основными требованиями разумного природопользования: чистота воздуха и воды, сокращение шума, забота о животном и растительном мире. Люди начали осознавать, в какой мере все это важно. И все-таки большинство мало задумывается о близких и отдаленных последствиях своих действий. В результате **люди становятся биологическими жертвами экономического развития.**

Ведется статистика экологически обусловленных заболеваний. В первую очередь это бронхиты и различные легочные заболевания, вызванные загрязнением атмосферы. Появляются болезни, которые не существовали раньше, например, болезнь Минамата (отравление ртутью), вызванная потреблением в пищу рыбы, выловленной в отравленных водах. Эта болезнь впервые наблюдалась в японской деревне Минамата. Бóльшая часть органических соединений ртути, выбрасываемых с промышленными отходами в море, в этой среде быстро превращается в неорганические соединения, входящие в состав отложений на дне моря. Здесь при участии микроорганизмов они преобразуются в ртутьметил — чрезвычайно токсичное соединение, которое может накапливаться в цепи морских продуктов, в том числе рыбе, которая и служит источником отравления.

Большую опасность представляет развитие атомной энергетики. Еще десять лет назад можно было прочитать такие строки: "Как

это ни странно на первый взгляд, но атомная энергетика влияет на окружающую среду в минимальной степени по сравнению с любой другой крупной отраслью промышленности... Атомная энергетика обеспечивает также наибольшую безопасность работы в сравнении с любой другой областью техники." (Арефьева Г.С. Маргулова Т.Х. Некоторые социальные и психологические аспекты развития атомной энергетики // Философские науки. 1986. № 3.

Там же приводится цитата из статьи тогдашнего президента Академии наук СССР А.П. Александрова: «Предприятия ядерной энергетики обеспечивают наиболее "чистое" производство энергии и способны оказывать минимальное воздействие на окружающую среду»).

Эти строки были опубликованы уже через несколько дней после катастрофы в Чернобыле, последствия которой будут сказываться еще многие десятилетия. Страна первой в мире атомной электростанции стала и страной первой атомной катастрофы на АЭС.

Экологической опасности подвергаются не только ныне живущие, но и следующие поколения. В таких промышленных городах СНГ, как Луганск (машиностроение), Северодонецк (химическая промышленность), Кадиевка (угольная промышленность), пороки развития новорожденных занимают третье место среди причин заболеваемости и второе — среди причин смертности.

«Практически все основные технологические изменения с начала индустриализации, — пишут известные футурологи Э. Винер и Г. Кан в книге "2000-й год", — имели результатом непредвиденные последствия... Само господство человека над природой грозит превратиться в источник господства, находящийся вне нашего контроля». Этот нерадостный прогноз, похоже, сбывается. Существует опасность того, что, освобождаясь от сил природы, человек становится все более зависимым от создаваемой им же техники и в целом даже более уязвимым, чем прежде.

С ростом научно-технических возможностей человека растут и риск отрицательных последствий его деятельности, и трудность адекватной оценки этого риска. Поэтому любые попытки улучшения природных процессов должны проводиться с величайшей осторожностью. Казалось бы, если в процессе фотосинтеза улавливается 1% солнечной энергии, то почему бы не увеличить его искусственно до 2, 3, 10%? Выясняется, однако, что и 99% солнечной энергии не пропадают даром. "Они поддерживают круговорот воды и минеральных веществ, удерживают температуру среды на определенном уровне, так что она меняется в сравнительно узком

диапазоне, совместимом с жизнедеятельностью протоплазмы. Эти потоки энергии не менее важны для жизни, чем пища." (Одум Ю. Основы экологии).

Технологические новшества, вводимые для решения одной проблемы, стоящей перед обществом, создают новые проблемы, которые могут быть еще более трудными. Если человечество не осознает это парадоксальное положение и не научится управлять им, оно создаст очень неустойчивую, неравновесную систему.

Невозможность предвидения фундаментальных открытий в науке и всех вытекающих из них последствий лежит в самой их природе. **Нужно быть готовыми к тому, чтобы постоянно оценивать пользу научно-технических нововведений и вовремя отказываться от них, если получаемый результата будет далек от возлагаемых надежд.**

Благотворная роль науки, выступающей в качестве орудия социального прогресса, которая провозглашалась многими ее поборниками на заре эпохи Возрождения, сейчас подвергается серьезному сомнению. НТР может превратить человека в придаток созданной им машины и отдалить его от природы. В научно-фантастической литературе все явственнее звучат темы "бунта машин" против своих создателей. Некоторые футурологи считают, что в будущей "компьютерной цивилизации" человеку вообще не останется места. Как же все-таки добиться того, чтобы наука и техника делали жизнь человека более гуманной и приносящей ему истинное удовлетворение?

Свести к минимуму отрицательные последствия НТП можно при условии его сочетания с социальным прогрессом, духовно-душевным становлением личности. Если природа и человек будут разрушаться, то зачем нужен научно-технический прогресс? Каковы условия сочетания научно-технического, социального и духовного прогресса? Для этого преобразование природы должно носить творческий характер с учетом конкретной обстановки, в которой оно происходит, и сопровождаться развитием чувства любви к природе, теряемого под влиянием НТП. Внешние факторы в развитии науки и техники (цели общества, влияние государственных институтов, ценностные установки самих ученых и т.д.) должны находиться в гармонии с внутренней логикой научного исследования и технического преобразования природы.

Возможно ли сочетание НТП с духовным и душевным прогрессом общества и каждого индивидуума, с прогрессом природы? В принципе да, поскольку под влиянием НТП труд приобретает

более творческий характер, точнее, способен приобретать, помогая тем самым саморазвитию личности. Но это не произойдет автоматически, а потребует усилий и понимания существа дела каждым человеком. Иначе НТР может привести к новому рабству — человек станет рабом созданной им техники. Известна отрицательная роль инерции мышления. Однако и необдуманные преобразования ни к чему хорошему не ведут: нужны постоянные и осмысленные действия каждого, на каком бы участке он ни находился.

Всемирный характер НТР настоятельно требует развития международного научно-технического сотрудничества. Это диктуется как тем обстоятельством, что современные глобальные научно-технические проекты требуют огромных финансовых затрат, так и тем, что целый ряд последствий НТР далеко выходит за национальные рамки. Международное научно-техническое сотрудничество вместе с создаваемым наукой единым для всех наций универсальным научным языком (научное эсперанто) создает основу для сближения народов.

Естественнонаучная и гуманитарная культура

Человек обладает знанием об окружающей его природе (Вселенной), о самом себе и собственных произведениях. Это делит всю имеющуюся у него информацию на два больших раздела — на естественнонаучное (естественное в том смысле, что изучается то, что существует независимо от человека, в противоположность искусственному — созданному человеком) и гуманитарное (от "гомо" — человек) знание, знание о человеке.

Как следует из определения, различия между естественнонаучными и гуманитарными знаниями заключаются в том, что первые основаны на разделении субъекта (человека) и объекта (природы, которую познает человек — субъект), при преимущественном внимании, уделяемом объекту, а вторые имеют отношение прежде всего к самому субъекту.

Английский писатель Ч. Сноу сформулировал альтернативу "двух культур" — научно-технической и художественно-гуманитарной. По его мнению, они настолько разделены в современном мире, что представители каждой из них не понимают друг друга. В нашей печати в свое время велись очень интенсивные дискуссии между "физиками" и "лириками". Они показали как несостоятельность неумеренных притязаний тех и других на монопольное обладание истиной, так и необходимость более целостного развития культуры как таковой, взаимодействия науки и искусства, развития есте-

ственной науки о человеке (антропологии) в его индивидуальном и социальном измерениях. О некоторых положительных тенденциях в этом направлении речь пойдет дальше.

Вопросы для повторения

1. Что такое научно-техническая революция?
2. Почему она так называется?
3. Каковы основные черты НТР?
4. Что такое современные концепции естествознания?
5. Почему их надо изучать?
6. Что следует понимать под словом "концепции"?
7. Что дает НТР современному человеку?
8. Какие существуют противоречия в развитии НТР?
9. Каковы негативные последствия НТР?
10. Что нужно для их преодоления?
11. Какие концепции естествознания относятся к современным?
12. Каковы основные особенности "двух культур" — естественнонаучной и гуманитарной?

Литература к главе 1

1. *Бердяев Н.А.* Дух и машина // Судьба России. — М., 1990.
2. *Бернал Д.* Наука в истории общества. — М., 1958.
3. *Новая* технократическая волна на Западе. — М., 1986.
4. *Сноу Ч.* Две культуры. — М., 1973.
5. *Ясперс К.* Смысл и назначение истории. — М., 1994.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Что такое НТР и почему она так называется?
2. Когда и при каких обстоятельствах появилось понятие НТР?
3. НТР — это всемирное или региональное явление?
4. Продолжается ли НТР сейчас?
5. Какое техническое приложение имеют астрономия, кибернетика и другие науки?
6. Какие из известных вам видов оружия основаны на законах физики, биологии, психологии?

7. Каковы формы связи между современной наукой и техникой?
8. Каковы они были в древнем мире и в средние века и почему?
9. Благодаря чему произошли столь фундаментальные изменения во взаимоотношениях науки и техники?
10. Охарактеризуйте каждое из основных достижений НТР.
11. Чем отличается научно-техническая революция от социально-политических и научных революций?

II. Прокомментируйте высказывания.

"Самым поразительным по новизне и по своим неслыханным практическим последствиям в области техники является со времени Кеплера и Галилея естественнонаучное знание с его применением математической теории" (К. Ясперс).

"Еще позавчера мы ничего не знали об электричестве, вчера мы ничего не знали об огромных резервах энергии, содержащихся в атомном ядре. О чем мы не знаем сегодня? Человек много веков жил рядом с электричеством, не подозревая о его значении. Быть может, мы окружены силами, о которых сегодня не имеем ни малейшего представления" (Луи де Бройль).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Связь технических достижений с естественными науками.

Технические достижения	Науки
Атомная бомба	Ядерная физика
Выход в космос	Космонавтика
Создание компьютеров	Кибернетика
Видеотехника	Радиоэлектроника
Создание синтетических материалов	Химия
"Зеленая революция"	Генетика

2. Причины тесной связи современной науки с техникой.

А. Наличие единой методологии научных исследований и технических разработок.

Б. Сращивание науки и техники в единую систему.

В. Становление науки как производительной силы общества.

Г. Разработка принципов научной организации труда.

Глава 2
ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Характерные черты науки

Рассматривая такое многогранное явление, как наука, можно выделить три его функции: *отрасль культуры; способ познания мира; специальный институт* (в это понятие входит не только высшее учебное заведение, но и научные общества, академии, лаборатории, журналы и т.п.).

Как другим сферам человеческой деятельности, науке присущи специфические черты.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ — сообщает знания, истинные для всего универсума при тех условиях, при которых они добыты человеком.

ФРАГМЕНТАРНОСТЬ — изучает не бытие в целом, а различные фрагменты реальности или ее параметры; сама же делится на отдельные дисциплины. Вообще, понятие бытия как философское не применимо к науке, представляющей собой частное познание. Каждая наука как таковая есть определенная проекция на мир, как бы прожектор, высвечивающий области, представляющие интерес для ученых в данный момент.

ОБЩЕЗНАЧИМОСТЬ — получаемые знания пригодны для всех людей; язык науки — однозначный, фиксирующий термины и понятия, что способствует объединению людей.

ОБЕЗЛИЧЕННОСТЬ — ни индивидуальные особенности ученого, ни его национальность или место проживания никак не представлены в конечных результатах научного познания.

СИСТЕМАТИЧНОСТЬ — наука имеет определенную структуру, а не является бессвязным набором частей.

НЕЗАВЕРШЕННОСТЬ — хотя научное знание безгранично растет, оно не может достичь абсолютной истины, после познания которой уже нечего будет исследовать.

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ — новые знания определенным образом и по строгим правилам соотносятся со старыми знаниями.

КРИТИЧНОСТЬ — готовность поставить под сомнение и пересмотреть свои, даже основополагающие, результаты.

ДОСТОВЕРНОСТЬ — научные выводы требуют, допускают и проходят проверку по определенным сформулированным правилам.

ВНЕМОРАЛЬНОСТЬ — научные истины нейтральны в морально-этическом плане, а нравственные оценки могут относиться либо к деятельности по получению знания (этика ученого требует от него интеллектуальной честности и мужества в процессе поиска истины), либо к деятельности по его применению.

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ — получение знаний на основе рациональных процедур и законов логики, формирование теорий и их положений, выходящих за рамки эмпирического уровня.

ЧУВСТВЕННОСТЬ — научные результаты требуют эмпирической проверки с использованием восприятия и только после этого признаются достоверными.

Эти черты науки образуют шесть диалектически взаимосвязанных пар: универсальность — фрагментарность, общезначимость — обезличенность, систематичность — незавершенность, преемственность — критичность, достоверность — внеморальность, рациональность — чувственность.

Кроме того, для науки характерны свои особые методы и структура исследований, язык, аппаратура. Всем этим и определяется специфика научного исследования и значение науки.

Отличие науки от других отраслей культуры

От других отраслей культуры сфер человеческой деятельности науку отличает целый ряд признаков.

Так, от ИСКУССТВА наука отличается рациональностью, не останавливающейся на уровне образов, а доведенной до уровня теорий.

В отличие от ТЕХНИКИ наука нацелена не на использование полученных знаний о мире для его преобразования, а на познание мира.

По сравнению с ИДЕОЛОГИЕЙ научные истины общезначимы и не зависят от интересов определенных слоев общества.

От ФИЛОСОФИИ науку отличает то, что ее выводы допускают эмпирическую проверку и отвечают не на вопрос "почему?", а на вопрос "как?", "каким образом?"

Наука отличается от РЕЛИГИИ тем, что разум и опора на чувственную реальность имеют большее значение, чем вера.

В отличие от МИФОЛОГИИ наука стремится не к объяснению мира в целом, а к формулированию законов развития природы, допускающих эмпирическую проверку.

Отличие науки от МИСТИКИ заключается в стремлении не к слиянию с объектом исследования, а к его теоретическому пониманию и воспроизведению.

Теоретическим освоением действительности наука отличается от обыденного сознания.

Наука и религия

Остановимся более подробно на соотношении науки и религии, тем более, что существуют различные точки зрения по данной проблеме. В атеистической литературе пропагандировалось мнение, что научное знание и религиозная вера несовместимы, и каждое новое знание уменьшает область веры, вплоть до утверждений, что поскольку космонавты не увидели Бога, то стало быть его нет.

Водораздел между наукой и религией проходит в соответствии с соотношением в этих отраслях культуры разума и веры. В науке преобладает разум, но и в ней имеет место вера, без которой познание невозможно — вера в чувственную реальность, которая дается человеку в ощущениях, вера в познавательные возможности разума и в способность научного знания отражать действительность. Без такой веры ученому трудно было бы приступить к научному исследованию. Наука не исключительно рациональна, в ней есть место и интуиции, особенно на стадии формулирования гипотез. С другой стороны, и разум, особенно в теологических исследованиях, привлекался для обоснования веры и далеко не все церковные деятели соглашались с афоризмом Тертуллиана: "Верую, потому что абсурдно".

Итак, области разума и веры не разделены абсолютной преградой. **Наука может сосуществовать с религией, поскольку внимание этих отраслей культуры устремлено на разные вещи: в науке — на эмпирическую реальность, в религии — преимущественно на внечувственное.** Научная картина мира, ограничиваясь сферой опыта, не имеет прямого отношения к религиозным откровениям, и ученый может быть как атеистом, так и верующим. Другое дело, что в истории культуры известны случаи резких конфронтаций между наукой и религией, особенно в те времена, когда наука обретала свою независимость, скажем, во времена создания гелиоцентрической модели строения мира Коперником. Но так не обязательно должно быть всегда.

Существует еще и область суеверий, которая не имеет отношения ни к религиозной вере, ни к науке, а связана с остатками мистических и мифологических представлений, а также с различными сектантскими ответвлениями от официальной религии и бытовыми предрассудками. Суеверия, как правило, далеки и от подлинной веры и от рационального знания.

Наука и философия

Важно правильно понимать и взаимоотношения науки с философией, поскольку неоднократно, в том числе и в недавней истории, различные философские системы претендовали на научность и даже на ранг "высшей науки", а ученые не всегда проводили границу между своими собственно научными и философскими высказываниями.

Специфика науки не только в том, что она не берется за изучение мира в целом, подобно философии, а представляет собой частное познание, но также и в том, что результаты науки требуют эмпирической проверки. В отличие от философских утверждений они не только подтверждаемы с помощью специальных практических процедур или подвержены строгой логической выводимости, как в математике, но и допускают принципиальную возможность их эмпирического опровержения. Все это позволяет провести демаркационную линию между философией и наукой.

Ученых порой представляли в качестве так называемых стихийных материалистов в том плане, что им присуща изначальная вера в материальность мира. Вообще говоря, это не обязательно. Можно верить, что Некто или Нечто передает людям чувственную информацию, а ученые считают, группируют, классифицируют и перерабатывают ее. Эту информацию наука рационализирует и выдает в виде законов и формул вне отношения к тому, что лежит в ее основе. Поэтому ученый может вполне быть как стихийным материалистом или идеалистом, так и сознательным последователем какой-либо философской концепции. Такие ученые, как Декарт и Лейбниц, были также и выдающимися философами своего времени.

Становление науки

Наука в ее современном понимании является принципиально новым фактором в истории человечества, возникшим в недрах новоевропейской цивилизации в XVI–XVII вв.

Немецкий философ К. Ясперс в книге "Смысл и назначение истории" говорит о двух этапах становления науки:

этап I — "становление логически и методически осознанной науки — греческая наука и параллельно зачатки научного познания мира в Китае и Индии";

этап II — "возникновение современной науки, вырастающей с конца средневековья, решительно утверждающейся с XVII в. и развертывающейся во всей своей широте с XIX в." (М., 1994).

Именно в XVII в. произошло то, что дало основания говорить о научной революции, — радикальная смена основных компонентов содержательной структуры науки, выдвижение новых принципов познания, категорий и методов.

Социальным стимулом развития науки стало растущее капиталистическое производство, которое требовало новых природных ресурсов и машин. Для удовлетворения этих потребностей и понадобилась наука в качестве производительной силы общества. Тогда же были сформулированы и новые цели науки, которые существенно отличались от тех, на которые ориентировались ученые древности.

Греческая наука была умозрительным исследованием (само слово "теория" в переводе с греческого означает "умозрение"), мало связанным с практическими задачами. В этом Древняя Греция и не нуждалась, поскольку все тяжелые работы выполняли рабы. Ориентация на практическое использование научных результатов считалась не только излишней, но даже неприличной, и такая наука признавалась низменной.

Только в XVII в. наука стала рассматриваться в качестве способа увеличения благосостояния населения и обеспечения господства человека над природой. Р. Декарт в книге "Рассуждение о методе" писал: "Возможно вместо спекулятивной философии, которая лишь задним числом понятийно расчленяет заранее данную истину, найти такую, которая непосредственно приступает к сущему и наступает на него, с тем, чтобы мы добыли познания о силе и действиях огня, воды, воздуха, звезд, небесного свода и всех прочих окружающих нас тел, причем это познание (элементов, стихий) будет таким же точным, как наше знание разнообразных видов деятельности наших ремесленников. Затем мы таким же путем сможем реализовать и применить эти познания для всех целей, для которых они пригодны, и таким образом эти познания (эти новые способы представления) сделают нас хозяевами и обладателями природы."

Современник Декарта Ф. Бэкон, также много сил потративший для обоснования необходимости развития науки как средства покорения природы, выдвинул знаменитый афоризм "Знание — сила". Ф. Бэкон пропагандировал эксперимент как главный метод научного исследования, нацеленный на то, чтобы пытать мать-природу. Именно пытать. Определяя задачи экспериментального

исследования, Ф. Бэкон использовал слово "inquisition", имеющее вполне определенный ряд значений — от "расследование", "следствие" до "пытка", "мучение". С помощью такой научной инквизиции раскрывались тайны природы (сравни русское слово "естествоиспытатель").

Стиль мышления в науке с тех пор характеризуется следующими двумя чертами: опора на эксперимент, поставляющий и проверяющий результаты; господство аналитического подхода, направляющего мышление на поиск простейших, далее неразложимых первоэлементов реальности (редукционизм).

Благодаря соединению этих двух основ возникло причудливое сочетание рационализма и чувственности, предопределившее грандиозный успех науки. Отметим как далеко не случайное обстоятельство, что наука возникла не только в определенное время, но и в определенном месте — в Европе XVI в.

Причина возникновения науки — своеобразный тип новоевропейской культуры, соединившей в себе чувственность с рациональностью; чувственность, не дошедшую, как, скажем, в китайской культуре, до чувствительности, и рациональность, не дошедшую до духовности (как у древних греков). Никогда ранее в истории культуры не встречавшееся причудливое сочетание особой чувственности с особой рациональностью и породило науку как феномен западной культуры.

Западную культуру не зря называли рациональной, и ее не похожая на греческую рациональность оказалась очень хорошо увязана с капиталистическим строем. Она позволила все богатство мира свести в однозначно детерминированную систему, обеспечивающую за счет разделения труда и технических нововведений (тоже следствия рационализма) максимальную прибыль. Но у выдающегося социолога XX в. П. Сорокина были основания и для того, чтобы назвать западную культуру чувственной, поскольку она старалась прочно опираться на опыт. Обе черты западной культуры понадобились для развития науки вместе с еще одной, также для нее характерной. "В греческом мышлении ответ на поставленный вопрос дается в результате убеждения в его приемлемости, в современном — посредством опытов и прогрессирующего наблюдения. В мышлении древних уже простое размышление называется исследованием, в современном — исследование должно быть деятельностью" (К. Ясперс). В науке нашла свое выражение еще одна специфическая черта западной культуры — ее деятельностная направленность.

Деятельностной направленности ума благоприятствовал умеренно-континентальный климат региона. Таким образом, объединилось влияние природных, социальных и духовных факторов.

Итак, если теперь попытаться дать общее определение науки, то оно будет выглядеть так: **наука — это особый рациональный способ познания мира, основанный на эмпирической проверке или математическом доказательстве.** Возникнув после философии и религии, наука в определенной степени есть синтез этих двух предшествовавших ей отраслей культуры, результат "существовавшей в средние века непререкаемой веры в рациональность бога, сочетающего личную энергию Иеговы с рациональностью греческого философа." (И. Пригожин, И. Стенгерс).

Что такое естествознание?

Выяснив основные особенности современной науки, можно дать определение естествознанию. **Естествознание — это раздел науки, основанный на воспроизводимой эмпирической проверке гипотез и создании теорий или эмпирических обобщений, описывающих природные явления.**

Предмет естествознания — факты и явления, которые воспринимаются нашими органами чувств. Задача ученого — обобщить эти факты и создать теоретическую модель, включающую законы, управляющие явлениями природы. Следует различать факты опыта, эмпирические обобщения и теории, которые формулируют законы науки. Явления, например, тяготение, непосредственно даны в опыте; законы науки, например, закон всемирного тяготения — варианты объяснения явлений. Факты науки, будучи установленными, сохраняют свое постоянное значение; законы могут быть изменены в ходе развития науки, как, скажем, закон всемирного тяготения был скорректирован после создания теории относительности.

Значение чувств и разума в процессе нахождения истины — сложный философский вопрос. В науке признается истиной то положение, которое подтверждается воспроизводимым опытом. **Основной принцип естествознания гласит: знания о природе должны допускать эмпирическую проверку.** Не в том смысле, что каждое частное утверждение должно обязательно эмпирически проверяться, а в том, что опыт в конечном счете является решающим аргументом принятия данной теории.

Естествознание в полном смысле слова общезначимо и дает "родовую" истину, т.е. истину, пригодную и принимаемую всеми людьми. Поэтому оно традиционно рассматривалось в качестве

эталона научной объективности. Другой крупный комплекс наук — обществознание — напротив, всегда был связан с групповыми ценностями и интересами, имеющимися как у самого ученого, так и в предмете исследования. Поэтому в методологии обществоведения наряду с объективными методами исследования приобретает большое значение переживание изучаемого события, субъективное отношение к нему и т.п.

От технических наук естествознание отличается нацеленностью на познание, а не на помощь в преобразовании мира, а от математики тем, что исследует природные, а не знаковые системы.

Следует учитывать различие между естественными и техническими науками, с одной стороны, и фундаментальными и прикладными — с другой. Фундаментальные науки — физика, химия, астрономия — изучают базисные структуры мира, а прикладные занимаются применением результатов фундаментальных исследований для решения как познавательных, так и социально-практических задач. В этом смысле все технические науки являются прикладными, но далеко не все прикладные науки относятся к техническим. Такие науки, как физика металлов, физика полупроводников, являются теоретическими прикладными дисциплинами, а металловедение, полупроводниковая технология — практическими прикладными науками.

Однако провести четкую грань между естественными, общественными и техническими науками в принципе нельзя, поскольку имеется целый ряд дисциплин, занимающих промежуточное положение или являющихся комплексными по своей сути. Так, на стыке естественных и общественных наук находится экономическая география, на стыке естественных и технических — бионика, а комплексной дисциплиной, которая включает и естественные, и общественные, и технические разделы, является социальная экология.

Эволюция и место науки в системе культуры

Взаимоотношения науки с другими отраслями культуры не были безоблачными. Борьба за духовное лидерство принимала довольно жесткие, порой жестокие формы. В средние века политическая и с нею духовная власть принадлежала религии, и это накладывало отпечаток на развитие науки. Вот что писал в книге "Философия культуры и социальной истории нового времени" русский историк и философ Н.И. Кареев о взаимоотношении науки и религии в то время: «На человеческую мысль была наложена церковью самая строгая опека: занятие наукой и ее преподавание поручалось только

церковникам, за которыми, однако, власти бдительно следили... Церковь считала себя вправе силою приводить человека к истине и предавать его светской власти для казни "без пролития крови", если он упорствовал... Крайний аскетический взгляд на знание приводил даже к отрицанию какой бы то ни было науки как суетного знания, ведущего к гибели.»

Наука в основном должна была служить иллюстрацией и доказательством теологических истин. Как писал Дж. Бернал (Роль науки в жизни общества): «вплоть до XVIII в. наука продолжала интересоваться главным образом небом.»

Но именно изучение неба и привело к последующему могуществу науки. Начиная с Коперника стало ясно, что наука не то, что теология и обыденное знание. Борьба между наукой и религией вступила в решающую стадию. За торжество научного мировоззрения отдал жизнь Джордано Бруно; так когда-то за торжество философии и религии пожертвовали собой Сократ и Христос.

И вот парадокс: в начале IV в. до н.э. приговорили к смерти и заставили выпить чашу с ядом Сократа, и в том же веке философия победила, появились школы учеников Сократа и платоновская академия. В I в. распяли Христа и в том же веке его ученики создали церковь, которая через два века победила философию. В 1600 г. сожгли Дж. Бруно, и в том же веке наука победила религию. Торжество смерти оборачивалось торжеством духа, который оказывался сильнее смерти. Физическая власть утверждается насилием, духовная — жертвой.

Итак, **культура развивается не только эволюционным путем накопления отдельных достижений, но и революционным путем смены значения ее отраслей.** Программа Сократа достичь всеобщего блага посредством философского знания оказалась нереализованной и пала под давлением античного скептицизма. Люди поверили Христу и полтора тысячелетия ждали второго пришествия, но дождались индульгенций для богатых и костров инквизиции.

В эпоху Возрождения господство религиозного мышления и церкви было подорвано как изнутри, так и снаружи. Философские и религиозные усилия по созданию общезначимых знания и веры, приносящих людям счастье, не оправдались, но потребность в систематизации и единстве знаний и счастья осталась, и теперь наука дала надежды на ее реализацию.

Произошел великий поворот в развитии культуры — наука поднялась на ее высшую ступень. В современном виде наука сформировалась в XVI–XVIII вв. и тогда же ей удалось одержать победу

над другими отраслями культуры и прежде всего над господствовавшей в то время религией. Наука победила в XVII в. все другие отрасли культуры и сохраняла доминирующую роль до XX в. Своей победой она обязана прежде всего естествознанию, которое лежит в фундаменте научного знания.

С тех пор значение науки неуклонно возрастало вплоть до XX в., и вера в науку поддерживалась ее огромными достижениями. В середине XX в. в результате растущей связи науки с техникой произошло событие, равное по масштабу научной революции XVII в., получившее название научно-технической революции и знаменовавшее новый, третий этап в развитии научного знания.

Значение науки в эпоху НТР

НТР характеризуется, во-первых, срастанием науки с техникой в единую систему (этим определяется сочетание научно-техническая), в результате чего наука стала непосредственной производительной силой, а, во-вторых, небывалыми успехами в деле покорения природы и самого человека как части природы. Достижения НТР впечатляющи. Она вывела человека в космос, дала ему новый источник энергии (атомную энергию), принципиально новые вещества и технические средства (лазер), новые средства массовой коммуникации и информации. Сам термин НТР возник в середине XX в., когда человек создал атомную бомбу и стало ясно, что наука может уничтожить нашу планету.

В авангарде науки идут фундаментальные исследования. Внимание властей к ним резко возросло после того, как А. Эйнштейн сообщил в 1939 г. президенту США Ф. Рузвельту о том, что физиками выявлен новый источник энергии, который позволяет создать невиданное доселе оружие массового уничтожения.

Современная наука — «дорогое удовольствие». Строительство синхрофазотрона, необходимого для проведения исследований в области физики элементарных частиц, требует миллиардов долларов. А космические исследования? В развитых странах на науку сегодня затрачивается 2–3% валового национального продукта. Но без этого невозможны ни достаточная обороноспособность страны, ни ее производственное могущество.

Наука развивается по экспоненте: объем научной деятельности, в том числе мировой научной информации в XX в., удваивается каждые 10–15 лет. Растет число ученых и научных отраслей. В 1900 г. в мире было 100 тыс. ученых, сейчас — 5 млн (один из тысячи человек, живущих на Земле). 90% всех ученых, когда-либо живших на планете, — наши современники. Процесс дифферен-

циации научного знания привел к тому, что сейчас насчитывается более 15 тыс. научных дисциплин.

Наука не только изучает мир и его эволюцию, но и сама является продуктом эволюции, составляя вслед за природой и человеком особый, «третий» (по К. Попперу) мир — мир знаний и навыков. В концепции трех миров — мира физических объектов, мира индивидуально-психического и мира интерсубъективного (общечеловеческого) знания — наука сменила «мир идей» Платона. Третий, научный мир стал таким же эквивалентом философскому «миру идей», как «град божий» блаженного Августина в средние века.

В современной философии существуют два взгляда на науку в ее связи с жизнью человека: наука — продукт, созданный человеком (К. Ясперс) и наука как продукт бытия, открываемый через человека (М. Хайдеггер). Последний взгляд еще ближе подводит к платоновско-августиновским представлениям, но и первый не отрицает фундаментального значения науки.

Наука, по К. Попперу, не только приносит непосредственную пользу общественному производству и благосостоянию людей, но также учит думать, развивает ум, экономит умственную энергию. «С того момента как наука стала действительностью, истинность высказываний человека обусловлена их научностью. Поэтому наука — элемент человеческого достоинства, отсюда и ее чары, посредством которых она проникает в тайны мироздания» (К. Ясперс).

Эти же чары приводили и к преувеличенному представлению о возможностях науки, к попыткам поставить ее выше других отраслей культуры и перед ними. Создалось своеобразное научное «лобби», которое получило название сциентизма (от лат. «сциенция» — наука). Именно в наше время, когда роль науки поистине огромна, появился сциентизм с представлением о науке, особенно естествознании, как высшей, если не абсолютной ценности. Эта научная идеология заявила, что лишь наука способна решить все проблемы, стоящие перед человечеством, включая бессмертие.

Для сциентизма характерны абсолютизация стиля и методов «точных» наук, объявление их вершиной знания, часто сопровождающееся отрицанием социально-гуманитарной проблематики как не имеющей познавательного значения. На волне сциентизма возникло представление о никак не связанных друг с другом «двух культурах» — естественнонаучной и гуманитарной (книга английского писателя Ч. Сноу об этом так и называлась «Две культуры»).

В рамках сциентизма наука рассматривалась как единственная в будущем сфера духовной культуры, которая поглотит ее нерациональные области. В противоположность этому также громко заявившие о себе во второй половине XX в. антисциентистские высказывания обрекают ее либо на вымирание, либо на вечное противопоставление человеческой природе.

Антисциентизм исходит из положения о принципиальной ограниченности возможностей науки в решении коренных человеческих проблем, а в своих проявлениях оценивает науку как враждебную человеку силу, отказывая ей в положительном влиянии на культуру. Да, говорят критики, наука повышает благосостояние населения, но она же увеличивает опасность гибели человечества и Земли от атомного оружия и загрязнения природной среды.

Быть может, век науки подходит к концу на самой вершине ее власти?

Противоречия современной науки

Миг наибольшего торжества науки, свидетельствовавший о ее мощи, был в то же время началом ее кризиса, потому что создание и применение атомного оружия вело к разрушению и уничтожению. Затем возникла экологическая проблема. Виновна в ней не столько сама наука, сколько цели, которые перед ней ставились, а также нормы, методы и средства, в соответствии с которыми она развивалась.

Характерные свойства науки, о которых мы говорили вначале, определяют ее противоречия и ограничения. Так, фрагментарность науки означает, что это определенная проекция на определенную часть мира. «Желать, чтобы наука охватывала природу, значило бы заставить целое войти в состав своей части», — предостерегал великий французский математик А. Пуанкаре. **Наука решает частные проблемы и дает относительные ответы на частные вопросы, которые (ответы) подтверждаются опытом.** Наука не отвечает на вопросы: Откуда произошло первовещество? Что было до космоса? Что за пределами расширяющейся Вселенной? Конечно или бесконечно пространство и время? Желающим узнать ответы на эти вопросы следует обращаться к другим отраслям культуры, которые претендуют на абсолютную истину.

Еще древние философы делили все утверждения на знание и мнение. Знание, или наука (по Аристотелю) может быть двух родов — либо демонстративным, либо интуитивным. Демонстративное знание представляет собой знание причин. Оно состоит из утверждений, которые могут быть доказательствами, т.е. демонстративное знание — это заключения вместе с их силлогистическими

доказательствами, или демонстрациями. Интуитивное знание состоит в мгновенном постижении «неделимой формы», сущности вещи. Интуитивное знание является первоначальным источником всей науки, поскольку оно формирует первоначальные «базисные посылки» для всех доказательств (демонстраций). «Для всего без исключения доказательства быть не может, ведь иначе приходилось бы идти в бесконечность», — писал Аристотель в книге «Метафизика».

Современные методологии науки принимают это положение и соглашаются идти в бесконечность. «Другими словами, мы знаем, что наши научные теории навсегда должны остаться только гипотезами, но во многих важных случаях мы можем выяснить, новая гипотеза лучше старой или нет. Дело в том, что если они различны, то они должны вести к различным предсказаниям, которые, как правило, можно проверить экспериментально. На основе такого решающего эксперимента иногда можно обнаружить, что новая теория приводит к удовлетворительным результатам там, где старая оказалась несостоятельной. В итоге можно сказать, что в поиске истины мы заменили научную достоверность научным прогрессом.

Дело в том, что наука развивается не путем постепенного накопления энциклопедической информации, как думал Аристотель, а движется значительно более революционным путем. Она прогрессирует благодаря смелым идеям, выдвижению новых, все более странных теорий (таких, как теория, по которой Земля не плоская и "метрическое пространство" не является плоским) и ниспровержению прежних теорий. Однако такой подход к научному методу означает, что в науке нет ЗНАНИЯ в том смысле, в котором понимали это слово Платон и Аристотель, т.е. в том смысле, в котором оно влечет за собой окончательность. **В науке мы никогда не имеем достаточных оснований для уверенности в том, что мы уже достигли истины.** То, что мы называем "научным знанием", как правило, не является знанием в платоновско-аристотелевском смысле, а, скорее, представляет собой информацию, касающуюся различных соперничающих гипотез и способа, при помощи которого они выдерживают разнообразные проверки. Это, если использовать язык Платона и Аристотеля, информация, касающаяся самого последнего и наилучшим образом проверенного научного МНЕНИЯ. Такое воззрение означает также, что в науке не существует доказательств (за исключением, конечно, чистой математики и логики). В эмпирических науках, а только они и могут

снабжать нас информацией о мире, в котором мы живем, вообще нет доказательств, если под "доказательством" имеется в виду аргументация, которая раз и навсегда устанавливает истинность теории. а вот что здесь есть, так это опровержения научных теорий» (Поппер К. Открытое общество и его враги).

К этому добавляются еще и противоречия, присущие самому процессу познания. **Природа едина, а науки разделены на отдельные дисциплины. В природе все связано со всем; каждая наука занимает свою полочку.** «Существуют отдельные науки, а не наука вообще как наука о действительном, однако каждая из них входит в мир беспредельный, но все-таки единый в калейдоскопе связей» (К. Ясперс).

Объекты действительности функционируют как целостные образования, а наука развивается путем абстрагирования некоторых свойств этих объектов, принимаемых за наиболее важные. **Основой структуры научного познания** (что особенно характерно для наиболее развитых отраслей естествознания) **является анализ предмета исследования, т.е. выделение абстрактных элементарных объектов и последующий синтез из этих абстрактных элементов единого целого в форме теоретической системы.** По мнению Б. Рассела, «научный прогресс осуществляется благодаря анализу и искусственной изоляции. Возможно, как считает квантовая теория, что существуют границы правомерности этого процесса, но, если бы он не был обычно правильным, хотя бы приблизительно, научное познание было бы невозможно».

Ситуация в области исследования экологической проблемы в практическом плане, как и ситуация в квантовой механике — в теоретическом, ставит под сомнение правомерность абсолютизации процесса искусственной изоляции и анализа, и многие ученые именно эти черты науки считают ответственными за экологические трудности.

С критикой аналитической направленности науки последнее время приходится сталкиваться все чаще. Эта ее черта признана фундаментальной и оценивалась по большей части положительно в истории науки, хотя известна и другая ее оценка. Критиковали аналитическую направленность науки Гёте, Монтень и другие писатели, ученые, философы. С аналитического расчленения универсума начинается наука. Как пишет В. Вайскопф, «наука стала развиваться, когда люди начали удерживать себя от общих вопросов, таких, как: "Из чего состоит материя? Как возникла Вселенная? В чем сущность жизни?" Они стали задавать вопросы частного

характера, например: "Как падает камень? Как вода течет по трубе?" и т. д.»

В областях, которые наиболее доступны аналитическому расчленению, как, например, физика, наука достигает наибольшего успеха, и эти области становятся как бы эталонами знания. Мечтой Т. Гоббса было свести все науки к физике, а Ф. Бекон называл физику «матерью наук». В XX в. эти мечты воплотились в методологической концепции «единой науки», которая возникла бы на базе физики (физикализм).

Программа сведения всего научного познания к физическому, получившая название РЕДУКЦИОНИЗМ, не могла быть воплощена в жизнь, поскольку каждая область реальности обладает своей спецификой и не может быть сведена ни к какой другой.

Здесь уместно отметить, что аналитизм, лежащий в самом фундаменте научного подхода к действительности, вполне отвечает стремлению человека практически овладеть предметным миром, поскольку сама преобразовательная деятельность в своей сущности также преимущественно аналитична. С этой точки зрения вполне понятно восхищение аналитическим методом (и физикой, в которой этот метод наиболее полно воплотился), которое испытывал Ф. Бэкон.

Конечно, делать отсюда вывод, что с помощью науки нельзя познать действительность или что наука ничего не дает для решения фундаментальных проблем человеческого существования — значит впадать в крайность. **Выигрыш в четкости познания деталей в общем случае не обязательно должен вести к проигрышу в точности познания целостной картины мира.** Но не следует забывать об упоминавшемся относительном характере научных истин, находящем свое выражение в следующем парадоксе познания: знание в наиболее четкой и логичной форме достигается через науку и, в более общем плане, через рациональное мышление, но оно в определенной мере и ответственно за разрушение (по крайней мере идеальное) мира.

Итак, один из гносеологических корней экологического кризиса — чрезмерный аналитизм научного мышления, который в стремлении все дальше проникнуть в глубь вещей таит в себе опасность отхода от реальности, от целостного взгляда на природу. Искусственная изоляция какого-либо фрагмента реальности дает возможность его углубленного изучения, однако при этом не учитываются связи этого фрагмента с его средой, и данное обстоятельство, которое может оказаться малосущественным в рамках конкретного исследования, влечет за собой важные негативные последствия, когда результаты подобного исследования вовлекаются в практику человеческой преобразовательной деятельности.

Аналитизм внутри конкретных научных дисциплин находит свое продолжение в аналитической направленности развития науки в целом как особой формы постижения мира. **Фундаментальной особенностью структуры научной деятельности, вытекающей из ее преимущественно аналитического характера, является разделенность науки на обособленные друг от друга дисциплины.** Это, конечно, имеет свои положительные стороны, поскольку дает возможность изучать отдельные фрагменты реальности, но при этом упускаются из виду связи между отдельными фрагментами, а в природе, как известно, «все связано со всем», и каждый акт изменения человеком природной среды не ограничивается какой-либо одной ее областью, а имеет, как правило, широкие отдаленные последствия.

Разобщенность наук особенно мешает сейчас, когда в эпоху быстротекущей дифференциации научного знания выявилась необходимость комплексных интегративных исследований. Чрезмерная специализация так же может помешать эволюции науки, как и чрезмерная специализация животных приводит к созданию тупиковых направлений в биологической эволюции.

Вопросы для повторения

1. Что такое наука?
2. Что такое естествознание?
3. Чем наука отличается от религии?
4. Чем наука отличается от философии?
5. Чем наука отличается от искусства?
6. Чем наука отличается от мистики?
7. Чем наука отличается от идеологии?
8. Чем наука отличается от мифологии?
9. Каковы особенности «двух культур» по Ч. Сноу?

Литература к главе 2

1. *Бердяев Н.А.* Дух и машина / Судьба России. — М., 1990.
2. *Бернал Д.* Наука в истории общества. — М., 1958.
3. *Новая* технократическая волна на Западе. — М., 1986.
4. *Полани М.* Личностное знание. — М., 1985.

5. *Поппер К.* Логика и рост научного знания. — М., 1983.
6. *Пуанкаре А.* О науке. — М., 1983.
7. *Рассел Б.* Человеческое познание. Его сфера и границы. — М., 1957.
8. *Сноу Ч.* Две культуры. — М., 1973.
9. *Ясперс К.* Смысл и назначение истории. — М., 1994.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Что значит, что мир познаваем?
2. Может ли познание дойти до каких-либо неделимых частиц и не будет ли это концом познания?
3. Может ли существовать первоматерия?
4. «Мир существовал бесконечно и будет существовать бесконечно» — Является ли это научное утверждение философским понятием?
5. Каково соотношение между материей и гармонией мира?
6. Чем отличается наука от других отраслей культуры?
7. В каком смысле можно говорить о совместимости и несовместимости науки и религии? Что такое верующий ученый?
8. Доказала ли программа полетов в космос, что Бога нет, и каким образом?
9. Как вы относитесь к предложению П. Фейерабенда об отделении науки от государства?
10. Наука — благо или зло?
11. Наука — получение атомной энергии и опасность Чернобыля. Рисковать или нет? Как определить степень риска и можно ли в принципе сделать это?
12. Гуманный и гуманитарный: в чем сходство и различие? Правильно ли говорят: «гуманитарная помощь»?
13. Вопрос о роли внешних факторов в развитии науки: почему в Китае было развито иглоукалывание и определение диагноза по пульсу, а не хирургия, как на Западе?
14. Вопрос о взаимоотношении науки и искусства: почему А. Эйнштейн играл на скрипке и говорил, что Достоевский дал ему больше, чем Гаусс?
15. В чем отличие химии от алхимии, астрономии от астрологии?

16. Что такое наука и естествознание?
17. В чем отличие естествознания от гуманитарного и технического знания, а также математики?
18. Каковы этапы развития естествознания?
19. Чем отличается материя в философском смысле от материи в физическом смысле?
20. Чем классификация отличается от перечисления?
21. В какой последовательности вы стали бы преподавать естественные науки и почему?
22. От какого слова происходит слово «естествознание»?
23. Что изучает естествознание в природе, в человеке?
24. Как соотносится наука с обыденным знанием (на примере коперниканской революции)?
25. Можно ли создать теорию всего и ответить на все вопросы?
26. В название какого школьного предмета входит слово «культура»?
27. Каково значение мысленного эксперимента в истории естествознания?
28. Почему первой наукой была астрономия, а второй — физика?
29. Как влияют на развитие науки внешние и внутренние факторы?
30. Как повлиял позитивизм на развитие науки?
31. Абсолютна или относительна научная истина?
32. Почему научную истину называют интерсубъективной?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Я докажу вам существование божественного провидения, анатомируя вошь» (Сваммердам) в сравнении с ответом Лапласа на вопрос Наполеона о том, почему в его системе мира нет Бога: «Я не нуждаюсь в этой гипотезе».

«Наука не открывается каждому без усилий. Подавляющее число людей не имеет о науке никакого понятия. Это — прорыв в сознании нашего времени. Наука доступна лишь немногим. Будучи основной характерной чертой нашего времени, она в своей подлинной сущности тем не

менее духовно бессильна, так как люди в своей массе, усваивая технические возможности или догматически воспринимая ходульные истины, остаются вне ее» (К. Ясперс).

«Правильным методом философии был бы следующий: не говорить ничего, кроме того, что может быть сказано, — следовательно, кроме предложений естествознания, т.е. того, что не имеет ничего общего с философией» (Л. Витгенштейн).

«Каждая наука определена методом и предметом. Каждая являет собой перспективу видения мира, ни одна не постигает мир как таковой, каждая охватывает сегмент действительности, но не действительность, — быть может, одну сторону действительности, но не действительность в целом» (К. Ясперс).

«Было бы неверно называть современную науку экспериментальной потому, что при вопрошании природы она использует экспериментальные устройства. Правильное противоположное утверждение, и вот почему: физика, уже как чистая теория, требует, чтобы природа проявила себя в предсказуемых силах; она ставит свои эксперименты с единственной целью задать природе вопрос: следует ли та, и если следует, то каким именно образом, схеме, предначертанной наукой» (М. Хайдеггер).

«Именно в этом и кроется разгадка тайны, которая лишает науку загадочного ореола и показывает, в чем состоит ее реальная сила. Если говорить о конкретных результатах, то наука не дает нам ничего нового, к чему бы мы не могли прийти, затратив достаточно много времени, без всяких методов... Подобно тому, как один человек, опирающийся только на плоды своего труда, никогда не сможет сколотить состояние, в то время как скопление результатов труда многих людей в руках одного человека есть основа богатства и власти, точно так же любое знание, заслуживающего того, чтобы так называться, не может быть наполнено разумом одного человека, ограниченного продолжительностью человеческой жизни и наделенного лишь конечными силами, если он не прибегнет к самой жесткой экономии мысли и тщательному собиранию экономно упорядоченного опыта тысяч сотрудников» (Э. Мах).

«Искусство — это я, наука — это мы» (К. Бернар).

«Искусство — это я, наука — это мы» (К. Бернар).

«Природа предшествует человеку, человек предшествует естествознанию» (В. Гейзенберг).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Науки, которые входят в первую десятку естественных наук и их предмет.

2. Таблица новых научных направлений и их результатов.

Новое научное направление	Основные результаты
Космология	Модель Большого взрыва и расширяющейся Вселенной
Астрофизика	Изучение эволюции небесных тел и процессов, происходящих в них
Теория относительности	Представление о взаимовлиянии пространства и времени с материей и взаимопереходе материи и энергии
Квантовая механика	Корпускулярно-волновой дуализм и другие свойства микромира
Синергетика	Открытие механизма эволюции неживых систем и модель рождения материи
Геология	Тектоника литосферных плит
Генетика	Открытие механизмов самовоспроизводства в живых системах
Общая теория эволюции	Модель эволюции жизни
Экология	Взаимосвязь живых и неживых систем и закономерности развития экосистем
Этология	Поведение животных и соотношение инстинкта и научения
Социобиология	Выявление соотношения природного и социального в живых организмах
Кибернетика	Изучение переработки информации и поведения сложнодинамических систем
Антропология	Открытие «человека умелого»
Психоанализ	Роль бессознательного в человеке
Нейрофизиология	Модель «расширяющегося сознания»
Методология науки	Концепция научных революций и изучение критериев проверки научного знания

3. Таблица разделения систем по предмету исследования

Простые	Сложные
Устойчивые	Неустойчивые
Закрытые	Открытые
Без обратной связи	С обратной связью
Неживые	Живые
Растительные	Животные
Неразумные	Разумные

Глава 3. СТРУКТУРА И МЕТОДЫ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

Человек стремится каким-то адекватным способом создать в себе простую и ясную картину мира для того, чтобы оторваться от мира ощущений, чтобы в известной степени попытаться заменить этот мир созданной таким образом картиной.
А. Эйнштейн

Уровни естественнонаучного познания

Изучение естествознания нужно культурному человеку не только затем, чтобы обладать определенным объемом знаний, но и для понимания принципов мышления. Итак, мы отправляемся в безбрежное море познания. Предположим, что вместе с Ньютоном мы лежим под деревом и наблюдаем падение яблока, которое, по преданию, натолкнуло Ньютона на открытие Закона всемирного тяготения. Яблоки падали на голову не только Ньютона, но почему именно он сформулировал Закон всемирного тяготения? Что помогло ему в этом: любопытство, удивление (с которого, по Аристотелю, начинается научное исследование) или, быть может, он и до этого изучал тяготение и падение яблока было не начальным, а завершающим моментом его раздумий? Как бы то ни было, мы можем согласиться с легендой в том, что именно обычный эмпирический факт падения яблока был отправной точкой для открытия Закона всемирного тяготения. Будем считать эмпирические факты, т.е. факты нашего чувственного опыта, исходным пунктом развития естествознания.

Итак, мы начали научное исследование, точнее, оно началось с нами. Так или иначе, мы зафиксировали первый ЭМПИРИЧЕСКИЙ ФАКТ, который, коль скоро он — отправная точка научного исследования, стал тем самым НАУЧНЫМ ФАКТОМ.

Что дальше? Выдающийся французский математик начала века А. Пуанкаре, описывая в книге «Наука и метод» работу ученого, писал: «Наиболее интересными являются те факты, которые могут служить свою службу многократно, которые могут повторяться». Да, действительно так, потому что ученый хочет вывести законы развития природы, т.е. сформулировать некие положения, которые были бы верны во всех случаях жизни для однотипного класса явлений. Для этого ученому нужно множество одинаковых фактов, которые потом он мог бы единообразно объяснить. Ученые, продолжает Пуанкаре, «должны предпочитать те факты, которые нам представляются простыми, всем тем, в которых наш грубый глаз различает несходные составные части».

Итак, мы должны ждать падения новых яблок, чтобы определить, действительно ли они падают всегда. Это уже можно назвать способом или МЕТОДОМ ИССЛЕДОВАНИЯ. Он называется НАБЛЮДЕНИЕМ и в некоторых областях естествознания остается единственным и главным эмпирическим методом исследования. Например, в астрономии. Правда, чтобы наблюдать «большой мир» (мегамир), нужны мощные телескопы и радиотелескопы, которые улавливают космические излучения. Это тоже наблюдение, хотя и более сложное.

Однако в нашем случае нет нужды ждать падения яблок. Мы можем потрясти яблоню и посмотреть, как будут вести себя яблоки, т.е. провести ЭКСПЕРИМЕНТ, испытать объект исследований. Эксперимент — это тот же «вопрос», который мы задаем природе и ждем от нее ясного ответа. «Эйнштейн говорил, что природа отвечает “нет” на большинство задаваемых ей вопросов и лишь изредка от нее можно услышать более обнадеживающее “может быть”... Каков бы ни был ответ природы — “да” или “нет”, — он будет выражен на том же теоретическом языке, на котором был задан вопрос» (И. Пригожин, И. Стенгерс). Особенность научного эксперимента заключается в том, что его может воспроизвести каждый исследователь в любое время.

Трясение яблони как простейший из возможных экспериментов убеждает нас, что все яблоки ведут себя совершенно одинаково. Однако, чтобы вывести физический закон, мало одних яблок. Нужно рассмотреть и другие тела, причем чем меньше они похожи друг на друга, тем лучше. Здесь вступает в силу второе правило, противоположное первому: «Таким образом, интерес представляет лишь исключение» (А. Пуанкаре).

Оказывается, многие тела тоже падают на Землю, как будто на них действует некая сила. Можно предположить, что это одна и та же сила во всех случаях. Но на Землю падают не все тела. Это не относится к Луне, Солнцу и другим небесным телам, имеющим большую массу или удаленным от Земли на значительное расстояние. Налицо различие в поведении тел, над которым тоже стоит задуматься. Есть ли что-либо общее в поведении тел, которые на первый взгляд ведут себя совершенно различно? «Однако мы должны сосредоточить свое внимание главным образом не столько на сходствах и различиях, сколько на тех аналогиях, которые часто скрываются в кажущихся различиях» (А. Пуанкаре). Найти аналогии в различиях — необходимый этап научного исследования.

Не над всеми телами можно провести эксперимент. Например, небесные светила можно только наблюдать. Но мы можем объяснить их поведение действием тех же самых сил, направленных не только в сторону Земли, но и от нее. Различие в поведении, таким образом, можно объяснить количеством силы, определяющей взаимодействие двух или нескольких тел.

Если мы все-таки считаем эксперимент необходимым, то можем провести его на МОДЕЛЯХ, т.е. на телах, размеры и масса которых пропорционально уменьшены по сравнению с реальными телами. Результаты МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ можно считать пропорциональными результатам взаимодействия реальных тел.

Помимо модельного эксперимента, возможен МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ. Для этого понадобится представить себе тела, которых вообще не существует в реальности, и провести над ними эксперимент в уме. Значение ПРЕДСТАВЛЕНИЯ, связанного с проведением мысленного или идеального эксперимента, хорошо объясняют в своей книге «Эволюция физики» А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Дело в том, что все ПОНЯТИЯ, т.е. слова, имеющие определенное значение, которыми пользуются ученые, являются не эмпирическими, а рациональными, т.е. они не берутся нами из чувственного опыта, а являются творческими произведениями человеческого разума. Для того, чтобы ввести их в расчеты, необходимы идеальные представления, например, представления об идеально гладкой поверхности, идеально круглом шаре и т.п. Такие представления называются ИДЕАЛИЗАЦИЯМИ.

В современной науке надо быть готовым к идеализированным экспериментам, т.е. мысленным экспериментам с применением идеализаций, с которых (а именно, экспериментов Галилея) и

началась физика Нового времени. Представление и воображение (создание и использование образов) имеет в науке большое значение, но в отличие от искусства это — не конечная, а промежуточная цель исследования. Главная цель науки — выдвижение гипотез и теория как эмпирически подтвержденная гипотеза.

Понятия играют в науке особую роль. Еще Аристотель считал, что, описывая сущность, на которую указывает термин, мы объясняем его значение. А его имя — знак вещи. Таким образом, объяснение термина (а это и представляет собой определение понятия) позволяет понять данную вещь в ее глубочайшей сущности («понятие» и «понять» — однокоренные слова). По мнению К. Поппера, если в обычном словоупотреблении мы сначала ставим термин, а затем определяем его (например: «щенок — это молодой пес»), то в науке наблюдается обратный процесс. Научную запись следует читать справа налево, отвечая на вопрос: «Как мы будем называть молодого пса?», а не «Что такое "щенок"?» Вопросы типа: «Что такое жизнь?» не играют в науке никакой роли, и вообще определения как таковые не играют в науке заметной роли, в отличие, скажем, от философии. Научные термины и знаки не что иное, как условные сокращения записей, которые иначе заняли бы гораздо больше места.

Формирование понятий относится к следующему уровню исследований, который является не ЭМПИРИЧЕСКИМ, а ТЕОРЕТИЧЕСКИМ. Но прежде мы должны записать результаты эмпирических исследований, с тем чтобы каждый желающий мог их проверить и убедиться в их правильности.

Ученые должны — пишут А. Эйнштейн и Л. Инфельд — собирать неупорядоченные факты и своим творческим мышлением делать их связанными и понятными. Поэтому их можно сравнить с детективами. Но в отличие от детектива, который только расследует дело, «ученый должен, по крайней мере, отчасти, сам совершить преступление, затем довести до конца исследование. Более того, его задача состоит в том, чтобы объяснить не один только данный случай, а все связанные с ним явления, которые происходили или могут еще произойти» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд).

На основании эмпирических исследований могут быть сделаны ЭМПИРИЧЕСКИЕ ОБОБЩЕНИЯ, которые имеют значение сами по себе. В науках, которые называют эмпирическими, или описательными, как, скажем, геология, эмпирические обобщения завершают исследование; в экспериментальных, теоретических науках это только начало. Чтобы двинуться дальше, нужно приду-

мать удовлетворительную гипотезу, объясняющую (в нашем примере) падение тел. Самих по себе эмпирических фактов для этого недостаточно. Необходимо все предшествующее знание, касающееся данной проблемы, прежде всего, в нашем случае, знание принципов механики, например, представление о связи движения тела с приложением к нему силы, действующей в направлении движения (в данном случае, к Земле), т.е. знание трех законов механики, которые сформулировал тот же Ньютон до Закона всемирного тяготения.

На теоретическом уровне, помимо эмпирических фактов, требуются понятия, которые создаются заново или берутся из других (преимущественно ближайших) разделов науки. В данном случае это понятия массы и силы, которые были для Ньютона основными при выведении законов механики. Эти понятия должны быть определены и представлены в краткой форме в виде слов (называемых в науке терминами) или знаков (в том числе математических), которые имеют каждый строго фиксированное значение.

«Эмпирическое обобщение опирается на факты, индуктивным путем собранные, не выходя за их пределы и не заботясь о согласии или несогласии полученного вывода с другими существующими представлениями о природе... При гипотезе принимается во внимание какой-нибудь один или несколько важных признаков явления и на основании только их строится представление о явлении, без внимания к другим его сторонам. Научная гипотеза всегда выходит за пределы фактов, послуживших основой для ее построения» (В.И. Вернадский. Биосфера).

При выдвижении какой-либо гипотезы принимается во внимание не только ее соответствие эмпирическим данным, но и некоторые методологические принципы, получившие название критериев простоты, красоты, экономии мышления и т.п. «Я считаю, как и Вы, — говорил В. Гейзенберг А. Эйнштейну, — что простота природных законов носит объективный характер, что дело не только в экономии мышления. Когда сама природа подсказывает математические формы большой красоты и простоты, — под формами я подразумеваю здесь замкнутые системы основополагающих постулатов, аксиом и т.п., — формы, о существовании которых никто еще не подозревал, то поневоле начинаешь верить, что они "истинны", т.е. что они выражают реальные черты природы».

После выдвижения определенной гипотезы (научного предположения, объясняющего причины данной совокупности явлений) исследование опять возвращается на эмпирический уровень для ее

проверки. При проверке научной гипотезы должны проводиться новые эксперименты, задающие природе новые вопросы, исходя из сформулированной гипотезы. Цель — проверка следствий из этой гипотезы, о которых ничего не было известно до ее выдвижения.

Если гипотеза выдерживает эмпирическую проверку, то она приобретает статус закона (или, в более слабой форме, закономерности) природы. Если нет — считается опровергнутой, и поиски иной, более приемлемой, продолжаются. Научное предположение остается таким образом гипотезой до тех пор, пока еще не ясно, подтверждается она эмпирически или нет. Стадия гипотезы не может быть в науке окончательной, поскольку все научные положения в принципе эмпирически опровергаемы, и гипотеза рано или поздно или становится законом или отвергается.

ПРИНЦИП ФАЛЬСИФИЦИРУЕМОСТИ научных положений, т.е. их свойство быть опровергаемыми на практике, остается в науке непререкаемым. «В той степени, в которой научное высказывание говорит о реальности, оно должно быть фальсифицируемо, а в той степени, в которой оно не фальсифицируемо, оно не говорит о реальности» (К. Поппер). Отсюда можно сделать вывод, что главное в науке — сам процесс духовного роста, а не результат его, который более важен в технике.

«Нам следует привыкнуть понимать науку не как "совокупность знаний", а как систему гипотез, т.е. догадок и предвосхищений, которые в принципе не могут быть обоснованы, но которые мы используем до тех пор, пока они выдерживают проверки и о которых мы никогда не можем с полной уверенностью говорить, что они "истинны", "более или менее достоверны" или даже "вероятны"». Последнее утверждение К. Поппера относится к попытке Р. Карнапа разработать способы определения вероятности истинности гипотезы по степени ее подтверждаемости.

Проверочные эксперименты ставятся таким образом, чтобы не столько подтвердить, сколько опровергнуть данную гипотезу. «Итак, если установлено какое-нибудь правило, то прежде всего мы должны исследовать те случаи, в которых это правило имеет больше всего шансов оказаться неверным» (А. Пуанкаре). Эксперимент, который направлен на опровержение данной гипотезы, носит название решающего эксперимента. Именно он наиболее важен для принятия или отклонения гипотезы, так как одного его достаточно для признания гипотезы ложной.

Вопрос об объективном статусе научного закона до сих пор является одним из наиболее дискуссионных в методологии естест-

вознания. Еще Аристотель (благодаря философскому разделению явления и сущности выдвинул положение, что наука изучает роды сущего. В современном понимании это и есть то, что называют законом природы. Существуют естественные законы, или законы природы, и нормативные законы, или нормы, запреты и заповеди, т.е. правила, которые требуют определенного образа поведения. Нормативный закон может быть хорошим или плохим, но не «истинным» или «ложным». Если этот закон имеет значение, то он может быть нарушен, а если его невозможно нарушить, то он поверхностен и не имеет смысла. В противоположность нормативным, естественные законы описывают неизменные регулярности, которые либо есть, либо нет. Их свойствами являются периодичность и всеобщность какого-либо класса явлений, т.е. необходимость их возникновения при определенных точно формулируемых условиях.

Закон природы, по Пуанкаре, — наилучшее выражение гармонии мира. «...закон есть одно из самых недавних завоеваний человеческого ума; существуют еще народы, которые живут среди непрерывного чуда и которые не удивляются этому. Напротив, мы должны были бы удивляться закономерностям природы. Люди просят своих богов доказать их существование чудесами; но вечное чудо — в том, что чудеса не совершаются беспрестанно. Поэтому мир и божественен, что он полон гармонииЕсли бы он управлялся произволом, то что доказывало бы нам, что он не управляется случае?

Этим завоеванием закона мы обязаны астрономии, и оно-то и создает величие этой науки, еще большее, чем материальное величие изучаемых ею предметов».

Итак, естествознание изучает мир с целью творения законов его функционирования, как продуктов человеческой деятельности, отражающих периодически повторяющиеся факты действительности.

О практическом значении познания законов природы А. Пуанкаре пишет так: «...завоевания промышленности, обогатившие стольких практических людей, никогда не увидели бы света, если бы существовали только люди практики...

...Необходимо, следовательно, чтобы кто-то думал за тех, кто не любит думать; а так как последних чрезвычайно много, то необходимо, чтобы каждая из наших мыслей приносила пользу столь часто, сколь это возможно, и именно поэтому всякий закон будет тем более ценным, чем более он будет общим».

Совокупность нескольких законов, относящихся к одной области познания, называется ТЕОРИЕЙ. В случае, если теория в целом не получает убедительного эмпирического подтверждения, она может быть дополнена новыми гипотезами, которых, однако, не должно быть слишком много, так как это подрывает доверие к теории.

Подтвержденная на практике теория считается истинной вплоть до того момента, когда будет предложена новая теория, лучше объясняющая известные эмпирические факты, а также новые эмпирические факты, которые стали известны уже после принятия данной теории и оказались противоречащими ей.

Итак, наука строится из наблюдений, экспериментов, гипотез, теорий и аргументации. Наука в содержательном плане — это совокупность эмпирических обобщений и теорий, подтверждаемых наблюдением и экспериментом. Причем творческий процесс создания теорий и аргументации в их поддержку играет в науке не меньшую роль, чем наблюдение и эксперимент.

Схематично структуру научного познания можно представить следующим образом:

> Эмпирический факт → научный факт → наблюдение → реальный эксперимент → модельный эксперимент → мысленный эксперимент → фиксация результатов эмпирического уровня исследований → эмпирическое обобщение → использование имеющегося теоретического знания → образ → формулирование гипотезы → проверка ее на опыте → формулирование новых понятий → введение терминов и знаков → определение их значения → выведение закона → создание теории → проверка ее на опыте → принятие в случае необходимости дополнительных гипотез.

Итак, чудес не бывает, если не в самой природе, то по крайней мере, в формулировании законов ее развития, и от падения яблока на голову Ньютона до открытия им закона всемирного тяготения — дистанция огромного размера, даже если в голове самого Ньютона она, может быть, пройдена мгновенно.

Соотношение эмпирического и теоретического уровней исследования

Эмпирический и теоретический уровни знания различаются по предмету (во втором случае он может иметь свойства, которых нет у эмпирического объекта), средствам (во втором случае это мыслительный эксперимент, метод моделирования, аксиоматический метод и т.д.) и результатам исследования (в первом случае эмпирическое обобщение, во втором — гипотеза и теория).

Различие между эмпирическим и теоретическим уровнями исследований не совпадает с различием между чувственным и рацио-

нальным познанием, хотя эмпирический уровень преимущественно чувственен, а теоретический преимущественно рационален. Эмпирический уровень в науке не только чувственен, но и рационален потому, что используются приборы, сконструированные на основе какой-либо теории. Теоретический уровень в науке не совпадает с рациональным, поскольку понятие рационального шире и существует не только научная рациональность, но и рациональность иных типов. Теоретическое отличается от рационального также тем, что в состав теоретического уровня входят представления (наглядные образы), которые являются формами чувственного восприятия.

Процесс научного поиска даже на теоретическом уровне не является строго рациональным. Непосредственно перед стадией научного открытия важно воображение, создание образов, а на самой стадии открытия важна интуиция. Поэтому открытие нельзя логически вывести, как теорему в математике. О значении интуиции в науке свидетельствуют слова выдающегося математика Гаусса: «Вот мой результат, но я пока не знаю, как получить его». Результат интуитивен, но нет аргументации в его защиту. Интуиция присутствует в науке (так называемое «чувство объекта»), но она ничего не значит в смысле обоснования результатов. Нужны еще объективные рациональные методы, которые все люди могут оценить.

Логика действует на стадии так называемой нормальной науки в рамках определенной парадигмы для обоснования выдвинутой гипотезы или теории. Однако следует помнить, имея в виду значение логики, что рассуждения в естествознании не являются доказательствами, а только выводами. Вывод свидетельствует об истинности рассуждения, если посыл верен, но не говорит об истинности посыла. Определение также сдвигает проблему значения к определяющим терминам, истинность которых гарантирует опыт.

Несмотря на методологическую ценность выделения эмпирического и теоретического, разделить эти два уровня в целостном процессе познания полностью невозможно, что показали неудачные попытки в рамках неопозитивизма. Вопросу соотношения эмпирического и теоретического уровней исследований посвящено замечение А. Эйнштейна: «...Но с принципиальной точки зрения желание строить теорию только на наблюдаемых величинах совершенно нелепо. Потому что в действительности все обстоит как раз наоборот. Только теория решает, что́ именно можно наблюдать. Видите ли, наблюдение, вообще говоря, есть очень сложная система. Подлежащий наблюдению процесс вызывает определенные изменения в нашей измерительной аппаратуре. Как следствие, в этой аппаратуре развертываются дальнейшие процессы, которые в конце концов косвенным путем воздействуют на чувственное восприятие и на фиксацию результата в нашем сознании...» Сложное переплетение эмпирического и теоретического уровней познания особенно характерно для наиболее продвинутых областей экспериментальной и теоретической физики.

Методы научного познания

Структура научного исследования, описанная выше, представляет собой в широком смысле способ научного познания или научный метод как таковой. Метод — это совокупность действий, призванных помочь достижению желаемого результата. Первым на значение метода в Новое время указал французский математик и философ Р. Декарт в работе «Рассуждения о методе». Но еще ранее один из основателей эмпирической науки Ф. Бэкон сравнил метод познания с циркулем. Способности людей различны, и для того, чтобы всегда добиваться успеха, требуется инструмент, который уравнивал бы шансы и давал возможность каждому получить нужный результат. Таким инструментом и является научный метод.

А. Пуанкаре справедливо подчеркивал, что ученый должен уметь делать выбор фактов. «...Метод — это, собственно, и есть выбор фактов; и прежде всего, следовательно, нужно озаботиться изобретением метода...» Метод не только уравнивает способности людей, но также делает их деятельность единообразной, что является предпосылкой для получения единообразных результатов всеми исследователями.

Современная наука держится на определенной методологии — совокупности используемых методов и учении о методе — и обязана ей очень многим. В то же время каждая наука имеет не только свой особый предмет исследования, но и специфический метод, имманентный предмету. Единство предмета и метода познания обосновал немецкий философ Гегель.

Следует четко представлять различия между методологиями естественнонаучного и гуманитарного познания, вытекающими из различия их предметов. В методологии естественных наук обычно не учитывается индивидуальность предмета, поскольку его становление произошло давно и находится вне внимания исследователя. Замечают только вечное круговращение. В истории же наблюдают самое становление предмета в его индивидуальной полноте. Отсюда специфичность методологии исторического познания.

Вообще, различие методологии социального познания и методологии естественнонаучного познания обусловлено различием в самом предмете: во-первых, социальное познание дает саморазрушающийся результат («знание законов биржи разрушает эти законы»,— говорил основатель кибернетики Н.Винер); во-вторых, если в естественнонаучном познании все единичные факторы равнозначны, то в социальном познании это не так. Поэтому **методология социального познания должна не только обобщать факты, но и принимать во внимание индивидуальные факты большого значения.** Именно из них проистекает и ими объясняется объективный процесс.

«В гуманитарно-научном методе заключается постоянное взаимодействие переживания и понятия»,— утверждал В.Дильтей в статье «Сущность философии». Переживание столь важно в гуманитарном познании именно потому, что сами понятия и общие закономерности исторического процесса производны от первоначального индивидуального переживания ситуации. Исходный пункт гуманитарного исследования индивидуален (у каждого человека свое бытие), стало быть, метод тоже должен быть индивидуален, что не противоречит, конечно, целесообразности частичного пользования в гуманитарном познании приемами, выработанными другими учеными (метод как циркуль, в понимании Ф.Бэкона). В последующих главах мы покажем, что в современной науке намечается тенденция к сближению естественнонаучной и гуманитарной методологии, но все же различия, причем принципиальные, пока остаются.

Научный метод как таковой подразделяется на методы, используемые на каждом уровне исследований. Выделяются, таким образом, эмпирические и теоретические методы.

К **эмпирическим методам** относятся: наблюдение— целенаправленное восприятие явлений объективной действительности; описание— фиксация средствами естественного или искусственного языка сведений об объектах; измерение— сравнение объектов по каким-либо сходным свойствам или сторонам; эксперимент— наблюдение в специально создаваемых и контролируемых условиях, что позволяет восстановить ход явления при повторении условий.

К **теоретическим методам** относятся: формализация— построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности; аксиоматизация— построение теорий на основе аксиом (утверждений, доказательства истинности которых не требуется); гипотетико-дедуктивный метод—

создание системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах.

Другим принципом классификации является сфера использования метода: применение не только в науке, но и в других отраслях человеческой деятельности; применение во всех областях науки, применение в отдельных разделах науки (специфические методы). Соответственно, всеобщие, общенаучные и конкретно-научные методы.

К всеобщим методам относятся:

АНАЛИЗ— расчленение целостного предмета на составные части (стороны, признаки, свойства или отношения) с целью их всестороннего изучения;

СИНТЕЗ— соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое;

АБСТРАГИРОВАНИЕ— отвлечение от ряда несущественных для данного исследования свойств и отношений изучаемого явления с одновременным выделением интересующих нас свойств и отношений;

ОБОБЩЕНИЕ— прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов;

ИНДУКЦИЯ— метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок;

ДЕДУКЦИЯ— способ рассуждения, посредством которого из общих посылок с необходимостью следует заключение частного характера;

АНАЛОГИЯ— прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках заключают об их сходстве и в других признаках;

МОДЕЛИРОВАНИЕ— изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (модели), замещающей оригинал с определенных сторон, интересующих исследователя;

КЛАССИФИКАЦИЯ— разделение всех изучаемых предметов на отдельные группы в соответствии с каким-либо важным для исследователя признаком (особенно часто используется в описательных науках— многих разделах биологии, геологии, географии, кристаллографии и т.п.).

Большое значение в современной науке приобрели СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, позволяющие определять средние значения, характеризующие всю совокупность изучаемых предметов. «Применяя статистический метод, мы не можем предсказать поведение отдельного индивидуума совокупности. Мы можем только

предсказать *вероятность* того, что он будет вести себя некоторым определенным образом...

<...>

...Статистические законы можно применять только к большим совокупностям, но не к отдельным индивидуумам, образующим эти совокупности» (А.Эйнштейн, Л.Инфельд).

Характерной особенностью современного естествознания является также то, что методы исследования все в большей степени влияют на его результат (так называемая «проблема прибора» в квантовой механике).

Применение математических методов в естествознании

После триумфа классической механики Ньютона количественные методы стали применяться и в других науках. Так, Лавуазье, систематически используя весы в своих опытах, заложил основы количественного химического анализа. Разработка Ньютоном и Лейбницем (независимо друг от друга) дифференциального и интегрального исчисления, развитие статистических методов анализа, связанных с познанием вероятностного характера протекания природных процессов, способствовали проникновению математических методов анализа и описания действиетльности в другие естественные науки.

«...Все законы выводятся из опыта. Но для выражения их нужен специальный язык. Обиходный язык слишком беден, кроме того, он слишком неопределенен для выражения столь богатых содержанием точных и тонких соотношений. Таково первое основание, по которому физик не может обойтись без математики; она дает ему единственный язык, на котором он в состоянии изъясняться» (А.Пуанкаре).

Дифференциальное и интегральное исчисление хорошо подходит для описания изменения скоростей движений, а вероятностные методы — для необратимости и создания нового. Все можно описать количественно и тем не менее остается проблемой отношение математики к реальности. По мнению одних методологов, чистая математика и логика используют доказательства, но не дают никакой информации о мире (почему А.Пуанкаре и считал, что законы природы конвенциальны), а только разрабатывают средства его описания. Однако, еще Аристотель писал, что число есть промежуточное между частным предметом и идеей, а Галилей полагал, что Книга Природы написана языком математики.

Не имея непосредственного отношения к реальности, математика не только описывает эту реальность, но и позволяет, как в

уравнениях Максвелла, делать новые интересные и неожиданные выводы о реальности из теории, которая представлена в математической форме. Как же объяснить непостижимую истинность математики и ее пригодность для естествознания? Может, все дело в том, что, по словам А. Пуанкаре, «механизм математического творчества, например, не отличается существенно от механизма какого бы то ни было иного творчества»? Или более пригодны сложные, системные объяснения?

По мнению некоторых методологов, законы природы не сводятся к написанным на бумаге математическим соотношениям. Их надо понимать как любой вид организованности идеальных прообразов вещей, или пси-функций. Есть три вида организованности: простейший — числовые соотношения; более сложный — ритмика 1-го порядка, изучаемая математической теорией групп; самый сложный — ритмика 2-го порядка — «слово». Два первых вида организованности наполняют Вселенную мерой и гармонией, третий — смыслом. В рамках этого объяснения математика занимает свое особое место в познании.

Так или иначе, подобные методологические разработки тесно связаны с дискуссиями по основаниям математики и перспективам ее развития, сводящимся к следующим основным темам: как математика соотносится с миром и дает возможность познавать его; какой способ познания преобладает в математике — дискурсивный или интуитивный; как устанавливаются математические истины — путем конвенции, как полагал Пуанкаре, или с помощью более объективных критериев.

Внутренняя логика и динамика развития естествознания

Развитие науки определяется внешними и внутренними факторами. К первым относится влияние государства, экономических, культурных, национальных параметров, ценностных установок ученых. Вторые определяют и определяются внутренней логикой и динамикой развития науки. Не всегда первые можно четко отделить от вторых, и тем не менее данное разделение полезно.

Внутренняя динамика развития науки имеет свои особенности на каждом из уровней исследования. Эмпирическому уровню присущ кумулятивный характер, поскольку даже отрицательный результат наблюдения или эксперимента вносит свой вклад в накопление знаний. Теоретический уровень отличается более скачкообразным характером, так как каждая новая теория представляет собой качественное преобразование системы знания. Новая теория,

пришедшая на смену старой, не отрицает ее полностью (хотя в истории науки известны случаи, когда приходилось отказываться от ложных концепций теплорода, электрической жидкости и т.п.), но чаще ограничивает сферу ее применимости, что позволяет говорить о преемственности в развитии теоретического знания.

Вопрос о смене научных концепций является одним из наиболее злободневных в современной методологии науки. В первой половине XX в. основной структурной единицей исследования признавалась теория, и вопрос о ее смене ставился в зависимость от ее верификации (эмпирического подтверждения) или фальсификации (эмпирического опровержения). Главной методологической проблемой считалась проблема сведения теоретического уровня исследований к эмпирическому, что в конечном счете оказалось невозможным.

В начале 60-х годов XX в. американский ученый Т. Кун выдвинул концепцию, в соответствии с которым теория до тех пор остается принятой научным сообществом, пока не подвергается сомнению основная парадигма (установка, образ) научного исследования в данной области. Динамика науки была представлена Куном следующим образом:

Старая парадигма → нормальная стадия развития науки → революция в науке → новая парадигма

Парадигмальная концепция развития научного знания затем была конкретизирована с помощью понятия «исследовательской программы» как структурной единицы более высокого порядка, чем отдельная теория. В рамках исследовательской программы и обсуждается вопрос об истинности научных теорий.

Еще более высокой структурной единицей является естественнонаучная картина мира, которая объединяет в себе наиболее существенные естественнонаучные представления эпохи.

Естественнонаучная картина мира

«Первый шаг — создание из обыденной жизни картины мира — дело чистой науки», — писал выдающийся физик XX в. М. Планк. Исторически первой естественнонаучной картиной мира Нового времени была механистическая картина, которая напоминала часы: любое событие однозначно определяется начальными условиями, задаваемыми (по крайней мере в принципе) абсолютно точно. В таком мире нет места случайности. В нем возможен «демон Лапласа» — существо, способное охватить всю совокупность данных о состоянии Вселенной в любой момент времени и не только точно предсказать будущее, но и до мельчайших подробностей восстановить прошлое. Представление о Вселенной как о гигантской заводной игрушке преобладало в XVII–XVIII вв. Оно имело религиозную основу, поскольку сама наука вышла из недр христианства.

Бог как рациональное существо создал рациональный в своей основе мир. И человек, как рациональное существо, созданное Богом по своему образу и подобию, способен познать мир. Такова основа веры классической науки в себя и людей в науку. Отринув религию, человек эпохи Возрождения продолжал мыслить религиозно. Механистическая картина мира предполагала Бога как часовщика и строителя Вселенной.

Механистическая картина мира основывалась на следующих принципах: связь теории с практикой; использование математики; эксперимент реальный и мысленный; критический анализ и проверка данных; главный вопрос: «Как?», а не «Почему?»; нет «стрелы времени» (регулярность, детерминированность и обратимость траекторий).

Но в XIX в. термодинамика провозгласила парадоксальный вывод: «Если бы мир был гигантской машиной, то такая машина неизбежно должна была бы остановиться, так как запас полезной энергии рано или поздно был бы исчерпан». Затем теория эволюции Дарвина сдвинула интерес от физики в сторону биологии.

Главный результат современного естествознания, по Гейзенбергу, в том, что оно разрушило неподвижную систему понятий XIX в. и усилило интерес к античной предшественнице науки — философской рациональности Аристотеля. «...Одним из главных источников аристотелевского мышления явилось наблюдение эмбрионального развития — высокоорганизованного процесса, в котором взаимосвязанные, хотя и внешне независимые события происходят, как бы подчиняясь единому глобальному плану. Подобно развивающемуся зародышу, вся аристотелевская природа построена на конечных причинах. Цель всякого изменения, если оно сообразно природе вещей, состоит в том, чтобы реализовать в каждом организме идеал его рациональной сущности. В этой сущности, которая в применении к живому есть в одно и то же время его окончательная, формальная и действующая причина, — ключ к пониманию природы. ..."рождение современной науки" — столк-

новение между последователями Аристотеля и Галилея — есть столкновение между двумя формами рациональности» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

Итак, **можно выделить три картины мира: сущностную преднаучную, механистическую, эволюционную.** Современная естественнонаучная картина мира основывается на принципе саморазвития. В этой картине присутствует человек и его мысль. Она эволюционна и необратима. В ней естественнонаучное знание неразрывно связано с гуманитарным. Об этом мы будем подробно говорить в дальнейших разделах.

Вопросы для повторения

1. Какова структура научного познания?
2. Как соотносятся эмпирический и теоретический уровни познания?
3. Чем отличается наблюдение от эксперимента?
4. Что такое модель и модельный эксперимент?
5. Какова роль научных понятий и терминов?
6. В чем отличие закона природы от нормативного закона?
7. Что такое мысленный эксперимент и зачем он нужен в науке?
8. Дайте определения понятий «верификация» и «фальсификация».
9. Что является критерием разделения методов на всеобщие, общенаучные и конкретно-научные?
10. Приведите примеры всеобщих, общенаучных и конкретно-научных методов.
11. Назовите эмпирические и теоретические методы.
12. Что такое динамика развития научного знания?
13. Что такое естественнонаучная картина мира?
14. Что такое «парадигма»?
15. В чем смысл понятия «научная революция»?

Литература к главе 3

1. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. — М., 1989.
2. *Кун Т.* Структура научных революций. — М., 1975.
3. *Полани М.* Личностное знание. — М., 1985.

4. *Поппер К.* Логика и рост научного знания. — М., 1983.
5. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. — М., 1986.
6. *Пуанкаре А.* О науке. — М., 1983.
7. *Рассел Б.* Человеческое познание. — М., 1957.
8. *Структура* и развитие науки. — М., 1978.
9. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. — М., 1965.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Что такое всеобщность теории (на примере утверждения типа «все вороны черные»)?
2. Какое значение имеет решающий эксперимент и что это такое?
3. Как происходит процесс образования понятий?
4. Почему «понятие» и «понять» — однокоренные слова?
5. Что означает часто встречающийся ответ студента: «Я знаю, но сказать словами не могу»?
6. Что значит объяснить какое-либо явление?
7. Что значит определить слово или термин?
8. Какую роль играют образы в науке и искусстве?
9. Каковы методы, инструменты, способы научного познания?
10. Сколько существует уровней научного познания?
11. Можно ли отделить теоретический уровень исследования от эмпирического и если нет, то почему?
12. Что такое базисные утверждения и почему они так называются?
13. Чем отличаются наблюдение, эксперимент, моделирование?
14. Каковы условия проведения научного эксперимента?
15. Как вы понимаете утверждение, что Книга Природы написана языком математики?
16. Как вообще понимать выражение «Книга Природы»?
17. Являются ли числа основой или ключом к природе?
18. Какова роль в науке: гипотезы, метода, теории, эксперимента, математики, моделирования, индукции, дедукции, анализа, синтеза, интуиции, дискуссии, детерминистских и вероятностных подходов и т.п.?

19. Чем научный закон отличается от правового?
20. Что такое закон природы как устойчивая, повторяющаяся, существенная связь между явлениями?
21. Что такое структура?
22. Каково строение научного знания?
23. Что такое динамика научного знания?
24. Что такое нормальная наука и научная революция?
25. Как происходит смена научных парадигм и что это такое?
26. Что такое научный метод?
27. Что такое верификация и фальсификация?
28. Что такое гипотетико-дедуктивный метод и его отличия от эмпирического и аксиоматического методов?
29. Что такое логика и методология научного исследования?
30. Чем методология отличается от методики?
31. Что такое универсальная, общенаучная и конкретно-научная методология?
32. Что такое кумулятивность и преемственность в применении к научному знанию?
33. Чем различаются гипотеза, теория, теоретическая модель?
34. Чем отличаются рациональное и чувственное соответственно от теоретического и эмпирического?
35. Чем предмет исследования отличается от объекта?
36. Что такое научный факт?
37. Можно ли понять что-то, не представляя себе этого?
38. Какие существуют методы проверки научного знания?
39. Что такое редукционизм и как он связан с системным подходом?
40. Почему физику называли «матерью наук»?
41. Чем отличаются научные революции от научно-технической?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Одной из главных задач науки в целом является краткое и простое формулирование фактов» (Г. Селье).

«Наиболее интересными являются те факты, которые могут служить свою службу многократно, которые могут повторяться» (А. Пуанкаре).

«Таким образом, интерес представляет лишь исключение» (А. Пуанкаре).

«Мы (ученые — *А.Г.*) должны предпочитать те факты, которые нам представляются простыми, всем тем, в которых наш грубый глаз различает несходные составные части» (А. Пуанкаре).

«Однако мы должны сосредоточить свое внимание главным образом не столько на сходствах и различиях, сколько на тех аналогиях, которые часто скрываются в кажущихся различиях» (А. Пуанкаре).

«Механизм математического творчества, например, не отличается существенно от механизма какого бы то ни было иного творчества» (А. Пуанкаре).

«Метод — это, собственно, и есть выбор фактов; и прежде всего, следовательно, нужно озаботиться изобретением метода» (А. Пуанкаре).

«Метод — это циркуль» (Ф. Бэкон).

«Вот мой результат, но я пока не знаю, как его получить» (К. Гаусс).

«Природа весьма согласна и подобна в себе самой» (И. Ньютон).

«Почему однородное состояние теряет устойчивость? Почему потеря устойчивости приводит к спонтанной диффузии? Почему вообще существуют вещи? Являются ли они хрупкими и бренными следствиями несправедливости, нарушения статического равновесия между противоборствующими силами природы? Может быть, силы природы создают вещи и обусловливают их автономное существование — вечно соперничающие силы любви и ненависти, стоящие за рождением, ростом, увяданием и рассыпанием в прах? Является ли изменение не более чем иллюзией или, наоборот, проявлением неутихающей борьбы между противоположностями, образующими изменяющуюся вещь? Сводится ли качественное изменение к движению в вакууме атомов, отличающихся только по фор-

ме, или же атомы сами состоят из множества качественно различных "зародышей", каждый из которых отличен от другого?» (И. Пригожин, И. Стнегерс).

«Открытый современной наукой экспериментальный диалог с природой подразумевает **активное вмешательство**, а не пассивное наблюдение. Перед учеными ставится задача научиться управлять физической реальностью, вынуждать ее действовать в рамках "сценария" как можно ближе к теоретическому описанию. Исследуемое явление должно быть предварительно препарировано и изолировано, с тем чтобы оно могло служить приближением к некоторой **идеальной ситуации,** возможно физически недостижимой, но согласующейся с принятой концептуальной схемой» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Природа, как на судебном заседании, подвергается с помощью экспериментирования перекрестному допросу именем априорных принципов. Ответы природы записываются с величайшей точностью, но их правильность оценивается в терминах той самой идеализации, которой физик руководствуется при постановке эксперимента» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Из конкретной сложности и многообразия явлений природы необходимо выбрать одно единственное явление, в котором с наибольшей вероятностью ясно и однозначно должны быть воплощены следствия из рассматриваемой теории. Это явление затем надлежит абстрагировать от окружающей среды и "инсценировать" для того, чтобы теорию можно было подвергнуть воспроизводимой проверке, результаты и методы которой допускали бы передачу любому заинтересованному лицу» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Мы считаем экспериментальный диалог неотъемлемым достижением человеческой культуры. Он дает гарантию того, что при исследовании человеком природы последняя выступает как нечто **независимо** существующее. Экспериментальный метод служит основой коммуникабельной и воспроизводимой природы научных результатов. Сколь бы отрывочно ни говорила природа в отведенных ей экспериментом рамках, высказавшись однажды, она не берет своих слов назад: природа никогда не лжет» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Экспериментирование означает не только достоверное наблюдение подлинных фактов, не только поиск эмпирических зависимостей между явлениями, но и предполагает систематическое взаимодействие между теоретическими понятиями и наблюдением» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Достоинство хорошей методы состоит в том, что она уравнивает способности; она вручает всем средство легкое и верное. Делать круг от руки трудно, надобно навык и прочее; циркуль стирает различие способностей и дает каждому возможность делать круг самый правильный» (Ф. Бэкон).

«Движение науки нужно сравнивать не с перестройкой какого-нибудь города, где старые здания немилосердно разрушаются, чтобы дать место новым постройкам, но с непрерывной эволюцией зоологических видов, которые беспрестанно развиваются и в конце концов становятся неузнаваемыми для простого глаза, но в которых опытный глаз всегда откроет следы предшествующей работы прошлых веков» (А. Пуанкаре).

«Классическая наука была порождена культурой, пронизанной идеей союза между **человеком**, находящимся на полпути между божественным порядком и естественным порядком, и **богом**, рациональным и понятным законодателем, суверенным архитектором, которого мы постигаем в нашем собственном образе. Она пережила момент культурного консонанса, позволявшего философам и теологам заниматься проблемами естествознания, а ученым расшифровывать замыслы творца и высказывать мнения о божественной мудрости и могуществе, проявленных при сотворении мира. При поддержке религии и философии ученые пришли к убеждению о самодостаточности своей деятельности, о том, что она исчерпывает все возможности рационального подхода к явлениям природы. Связь между естественнонаучным описанием и натурфилософией в этом смысле не нуждалась в обосновании. Можно считать, что естествознание и философия конвергируют и что естествознание открывает принципы аутентичной натурфилософии. Но, как ни странно, самодостаточности, которой успели вкусить ученые, суждено было пережить и уход средневекового бога, и прекращение срока действия гарантии, некогда предоставленной естествознанию тео-

логией. То, что первоначально казалось весьма рискованным предприятием, превратилось в торжествующую науку XVIII в., открывшую законы движения небесных и земных тел, включенную Д'Аламбером и Эйлером в полную и непротиворечивую систему, в науку, историю которой Лагранж определил как логическое достижение, стремящееся к совершенству. В честь нее создавали академии такие абсолютные монархи, как Людовик XIV, Фридрих II и Екатерина Великая. Именно эта наука сделала Ньютона национальным героем. Иначе говоря, это была наука, **познавшая успех**, уверенная, что ей удалось **доказать** бессилие природы перед проницательностью человеческого разума. "Мне не понадобилась такая гипотеза", — гласил ответ Лапласа на вопрос Наполеона, нашлось ли богу место в предложенной Лапласом системе мира» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Теория Максвелла — это уравнения Максвелла» (Г. Герц).

III. Изобразите на доске таблицу.

Структура, методы и принципы научного исследования:

Практический факт (упало яблоко) → эмпирический предмет исследования (абстрагирование) → Наблюдение (телескоп, микроскоп, радиотелескоп) → Эксперимент (мысленный, реальный, модельный) → Эмпирическое обобщение (представление, индукция) → Теоретический предмет исследования (анализ) → Образ → Гипотеза (интуиция) → Формула (математическое моделирование) → Теория (дискурсия) → Следствия (дедукция) → Эмпирическая проверка (верификация, фальсификация) → Ad hok гипотезы → Научный закон (синтез) → Новые факты → Новые эксперименты → Новая теория → Изменение парадигмы (исследовательской программы) → Научная революция

Глава 4
СОВРЕМЕННЫЕ НАУКИ О КОСМОСЕ И О ЗЕМЛЕ

Всякий, кто способен чувствовать, глядя на небо в ясную ночь, не может не спрашивать себя, откуда берутся звезды, куда они исчезают и что поддерживает порядок во Вселенной. Такого же рода вопросы мы задаем, изучая самоорганизующийся бесконечный мир человеческого организма и заглядывая в восприимчивые и испытующие человеческие глаза, постоянно стремящиеся преодолеть разрыв между двумя этими мирами.

Г. Селье

Происхождение Вселенной

Во все времена люди хотели знать как возник наш мир. Когда в культуре господствовали мифологические представления, происхождение мира объяснялось, как, скажем, в «Ведах», распадом первочеловека Пуруши. То, что это была общая мифологическая схема, подтверждается и русскими апокрифами, например, «Голубиной книгой». Победа христианства утвердила представления о сотворении Богом мира из ничего.

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

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

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

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

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

Ко Вселенной это методологическое правило остается неприменимым. Наука формулирует универсальные законы, а Вселенная уникальна. Это противоречие, которое требует считать все заключения о происхождении и развитии Вселенной не законами, а лишь моделями, т.е. возможными вариантами объяснения. Строго говоря, все законы и научные теории являются моделями, поскольку они могут быть заменены в процессе развития науки другими концепциями, но модели Вселенной как бы в большей степени модели, чем многие иные научные утверждения.

Модель расширяющейся Вселенной

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

Важным пунктом данной модели является ее нестационарность. Это определяется двумя постулатами теории относительности: принцип относительности, гласящий, что во всех инерционных системах все законы сохраняются вне зависимости от того, с какими скоростями равномерно и прямолинейно движутся эти системы друг относительно друга; экспериментально подтвержденное постоянство скорости света.

Из теории относительности следовало, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться или сжиматься. Первым это заметил в 1922 г. петербургский физик и математик Александр Александрович Фридман. На этот вывод не обращали внимания вплоть до открытия американским астрономом Эдвином Хабблом в 1929 г. так называемого красного смещения.

Красное смещение — это понижение частот электромагнитного излучения: в видимой части спектра линии смещаются к его красному концу. Согласно обнаруженному ранее эффекту Доплера при удалении от нас какого-либо источника колебаний, воспринимаемая нами частота колебаний уменьшается, а длина волны соответственно увеличивается. При излучении происходит «покраснение», т.е. линии спектра сдвигаются в сторону более длинных красных волн.

Так вот, для всех далеких источников света красное смещение было зафиксировано, причем чем дальше находился источник, тем в большей степени. Красное смещение оказалось пропорционально расстоянию до источника, что и подтверждало гипотезу об удалении их, т.е. о расширении Метагалактики — видимой части Вселенной.

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

Составной частью модели расширяющейся Вселенной является представление о Большом Взрыве, происшедшем примерно 12–18 млрд лет назад. «Вначале был взрыв. Не такой взрыв, который знаком нам на Земле и который начинается из определенного центра и затем распространяется, захватывая все больше и больше пространства, а взрыв, который произошел одновременно везде, заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частица материи устремилась прочь от любой другой частицы» (С. Вейнберг).

Начальное состояние Вселенной (так называемая сингулярная точка): бесконечная плотность массы, бесконечная кривизна пространства и взрывное, замедляющееся со временем расширение при высокой температуре, при которой могла существовать только смесь элементарных частиц (включая фотоны и нейтрино). Горячесть начального состояния подтверждена открытием в 1965 г. реликтового излучения фотонов и нейтрино, образовавшихся на ранней стадии расширения Вселенной.

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

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

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

Рождение Вселенной из «ничего» означает с современной научной точки зрения ее самопроизвольное возникновение из вакуума, когда в отсутствие частиц происходит случайная флуктуация. Если число фотонов равно нулю, то напряженность поля не имеет определенного значения (по «принципу неопределенности» Гейзенберга): поле постоянно испытывает флуктуации, хотя среднее (наблюдаемое) значение напряженности равно нулю.

Флуктуация представляет собой появление виртуальных частиц, которые непрерывно рождаются и сразу же уничтожаются, но так же участвуют во взаимодействиях, как и реальные частицы. Благодаря флуктуациям, вакуум приобретает особые свойства, проявляющиеся в наблюдаемых эффектах.

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

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

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

Досужий ум неизбежно задается вопросами: что же было тогда, когда не было ничего и что находится за пределами расширения? Первый вопрос очевидно противоречив сам по себе, второй выхо-

дит за рамки конкретной науки. Астроном может сказать, что как ученый он не вправе отвечать на такие вопросы. Но поскольку они все же возникают, формулируются и возможные обоснования ответов, которые являются не столько научными, сколько натурфилософскими.

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

Но оставим эти соображения области натурфилософии, потому что в естествознании в конечном счете критерием истины являются не абстрактные соображения, а эмпирическая проверка гипотез.

Что же было после Большого Взрыва? Образовался сгусток плазмы — состояния, в котором находятся элементарные частицы — нечто среднее между твердым и жидким состоянием, который и начал расширяться все больше и больше под действием взрывной волны. Через 0,01 секунды после начала Большого Взрыва во Вселенной появилась смесь легких ядер (2/3 водорода и 1/3 гелия). Как образовались все остальные химические элементы?

Эволюция и строение галактик

Поэт спрашивал: «Послушайте! Ведь, если звезды зажигают — значит — это кому-нибудь нужно?». Мы знаем, что наше Солнце дает необходимую для нашего существования энергию. А зачем нужны галактики? Оказывается и галактики, и Солнце не только обеспечивает нас энергией. Астрономические наблюдения показывают, что из ядер галактик происходит непрерывное истечение водорода. Таким образом, ядра галактик являются фабриками по производству основного строительного материала Вселенной — ВОДОРОДА.

Водород, атом которого состоит из одного протона в ядре и одного электрона на его орбите, является самым простым «кирпичиком», из которого в недрах звезд образуются в процессе атомных реакций более сложные атомы. Причем оказывается, что звезды совершенно не случайно имеют различную величину. Чем больше масса звезды, тем более сложные атомы синтезируются в ее недрах.

Наше Солнце как обычная звезда «производит» только гелий из водорода (который дают ядра галактик), очень массивные звезды «производят» углерод — главный «кирпичик» живого вещества. Вот для чего нужны галактики и звезды. А для чего нужна Земля? Она производит все необходимые вещества для поддержания жизни человека. А для чего существует человек? На этот вопрос не может ответить наука, но она может заставить нас еще раз задуматься над ним.

Если «зажигание» звезд кому-то нужно, то может и человек кому-то нужен? Научные данные помогают нам сформулировать представление о нашем предназначении, о смысле нашей жизни. Обращаться при ответе на эти вопросы к эволюции Вселенной — это значит мыслить космически. Естествознание учит мыслить космически, в то же время не отрываясь от реальности нашего бытия.

Вопрос об образовании и строении галактик — следующий важный вопрос происхождения Вселенной. Его изучает не только космология как наука о Вселенной — едином целом, но также и КОСМОГОНИЯ (греч. «гонейа» означает рождение) — область науки, в которой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем (различают планетную, звездную, галактическую космогонию).

Галактика представляет собой гигантские скопления звезд и их систем, имеющие свой центр (ядро) и различную, не только сферическую, но часто спиралевидную, эллиптическую, сплюснутую или вообще неправильную форму. Галактик миллиарды и в каждой из них насчитываются миллиарды звезд.

Наша галактика называется Млечный Путь и состоит из 150 млрд звезд. Она состоит из ядра и нескольких спиральных ветвей. Ее размеры — 100 тыс. световых лет. Бóльшая часть звезд нашей галактики сосредоточена в гигантском «диске» толщиной около 1500 световых лет. На расстоянии около 30 тыс. световых лет от центра галактики расположено Солнце.

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

А в 1963 г. были открыты КВАЗАРЫ (квазизвездные радиоисточники) — самые мощные источники радиоизлучения во Вселен-

ной со светимостью в сотни раз большей светимости галактик и размерами в десятки раз меньшими их. Было предположено, что квазары представляют собой ядра новых галактик и стало быть процесс образования галактик продолжается и поныне.

Астрономия и космонавтика

Звезды изучает АСТРОНОМИЯ (от греч. «астрон» — звезда и «номос» — закон) — наука о строении и развитии космических тел и их систем. Эта классическая наука переживает в XX в. свою вторую молодость в связи с бурным развитием техники наблюдений — основного своего метода исследований: телескопов-рефлекторов, приемников излучения (антенн) и т.п. В СССР в 1974 г. вступил в действие в Ставропольском крае рефлектор с диаметром зеркала 6 м, собирающий света в миллионы раз больше, чем человеческий глаз.

В астрономии исследуются радиоволны, свет, инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское излучение и гамма-лучи. Астрономия делится на небесную механику, радиоастрономию, астрофизику и другие дисциплины.

Особое значение приобретает в настоящее время астрофизика — часть астрономии, изучающая физические и химические явления, происходящие в небесных телах, их системах и в космическом пространстве. В отличие от физики, в основе которой лежит эксперимент, астрофизика основывается главным образом на наблюдениях. Но во многих случаях условия, в которых находится вещество в небесных телах и системах отличается от доступных современным лабораториям (сверхвысокие и сверхнизкие плотности, высокая температура и т. д.). Благодаря этому астрофизические исследования приводят к открытию новых физических закономерностей.

Собственное значение астрофизики определяется тем, что в настоящее время **основное внимание в релятивистской космологии переносится на физику Вселенной — состояние вещества и физические процессы, идущие на разных стадиях расширения Вселенной,** включая наиболее ранние стадии.

Один из основных методов астрофизики — СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ. Если пропустить луч белого солнечного света через узкую щель, а затем сквозь стеклянную трехгранную призму, он расщепляется на составляющие цвета и на экране появится радужная цветовая полоска с постепенным переходом от красного к фиолетовому — непрерывный спектр. Красный конец спектра образован лучами, наименее отклоняющимися при прохождении через призму, фиолетовый — наиболее отклоняемыми. Каждому химическому элементу соответствуют вполне определенные спектральные линии, что и позволяет использовать данный метод для изучения веществ.

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

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

История космонавтики начинается с теоретических расчетов выхода человека в неземное пространство, которые дал К.Э. Циолковский в труде «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903 г.). Работы в области ракетной техники начаты в СССР в 1921 г. Первые запуски ракет на жидком топливе осуществлены в США в 1926 г.

Основными вехами в истории космонавтики стали запуск первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г., первый полет человека в космос 12 апреля 1961 г., лунная экспедиция в 1969 г., создание орбитальных пилотируемых станций на околоземной орбите, запуск космического корабля многоразового использования.

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

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

Строение и эволюция звезд

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

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

Открытие В. Амбарцумяном звездных ассоциаций очень молодых звезд, стремящихся друг от друга, было понято как подтверждение гипотезы образования звезд из первоначального сверхплотного вещества.

Какая из двух концепций ближе к истине, решит последующее развитие естествознания.

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

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

Все небесные тела можно разделить на испускающие энергию— звезды, и не испускающие— планеты, кометы, метеориты, космическую пыль. Энергия звезд генерируется в их недрах ядерными процессами при температурах, достигающих десятки миллионов градусов, что сопровождается выделением особых частиц огромной проницающей способности— нейтрино.

Звезды— это фабрики по производству химических элементов и источники света и жизни. Тем самым решаются сразу несколько задач. Звезды движутся вокруг центра галактики по сложным орбитам. Могут быть звезды, у которых меняются блеск и спектр— переменные звезды (Кита) и нестационарные (молодые) звезды, а также звездные ассоциации, возраст которых не превышает 10 млн лет. Возможно, из них образуются сверхновые звезды, при вспышках которых происходит выделение огромного количества энергии нетеплового происхождения и образование туманностей (скоплений газов).

Существуют очень крупные звезды— красные гиганты и сверхгиганты, и нейтронные звезды, масса которых близка к массе Солнца, но радиус составляет 1/50000 от солнечного (10–20 км); они называются так потому, что состоят из огромного сгустка нейтронов.

В 1967 г. были открыты пульсары— космические источники радио-, оптического, рентгеновского и гамма-излучения, приходящие на Землю в виде периодически повторяющихся всплесков. У радиопульсаров (быстро вращающихся нейтронных звезд) периоды импульсов— 0,03–4 секунды, у рентгеновских пульсаров (двойных звезд, где к нейтронной звезде перетекает вещество от второй, обычной звезды) периоды составляют несколько секунд.

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

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

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

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

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

Процесс эволюции звезд представлен на схеме.



Солнечная система и ее происхождение

Солнце — плазменный шар (плотность 1,4 г/см^3, с температурой поверхности 6 тыс. К) в атмосфере которого — короне — происходят вспышки — протуберанцы. Излучение Солнца — солнечная активность — имеет цикл 11 лет.

Источником солнечной энергии, по-видимому, являются термоядерные реакции превращения водорода в гелий, о чем свидетельствует наличие этих элементов в солнечной хромосфере. Первым теоретические расчеты необходимой для ядерной реакции температуры произвел Артур Эддингтон. Немецкий физик Ганс Бете (Нобелевская премия 1967 г.) рассчитал реакции термоядерного синтеза гелия из водорода на Солнце, но прямых подтверждений пока нет, так как отсутствуют данные о внутреннем строении Солнца.

Скорость движения Солнца вокруг оси галактики 250 км/с. Солнечная система совершает один полный оборот вокруг галактического центра за 180 млн лет. Ближайшие к Солнцу звезды α Центавра и Сириус.

Возраст Солнечной системы, зафиксированный по древнейшим метеоритам, около 5 млрд лет. Общепринята гипотеза, по которой Земля и все планеты сконденсировались из космической пыли, расположенной в окрестностях Солнца. Предполагается, что частицы пыли состояли из железа с примесью никеля, либо из силикатов, в состав которых входит кремний. Конденсировались также присутствовавшие газы, образуя органические соединения, в состав которых входит углерод. Затем образовались углеводороды и соединения азота.

Из гипотез происхождения Солнечной системы наиболее известна электромагнитная гипотеза шведского астрофизика Х. Альвена, усовершенствованная Ф. Хойлом. Альвен исходил из предположения, что некогда Солнце обладало очень сильным электромагнитным полем. Туманность, окружавшая светило, состояла из нейтральных атомов. Под действием излучений и столкновений атомы ионизировались. Ионы попадали в «ловушки» из магнитных силовых линий и увлекались вслед за вращающимся светилом. Постепенно Солнце теряло вращательный момент, передавая его газовому облаку.

Слабость предложенной гипотезы заключалась в том, что атомы наиболее легких элементов должны были ионизироваться ближе к Солнцу, атомы тяжелых элементов — дальше. Значит, ближайшие к Солнцу планеты должны были бы состоять из наилегчайших элементов — водорода и гелия, а более отдаленные — из железа и никеля. Наблюдения говорят об обратном.

Чтобы преодолеть это противоречие, английский астроном Ф. Хойл предложил новый вариант гипотезы. Солнце зародилось в недрах туманности. Оно быстро вращалось, и туманность становилась все более плоской, превращаясь в диск. Постепенно диск начинал тоже разгоняться, а Солнце тормозилось. Момент количества движения переходил к диску. Затем в нем образовались планеты. Если предположить, что первоначальная туманность уже обладала магнитным полем, то вполне могло произойти перераспределение углового момента.

Известна также гипотеза образования планет Солнечной системы из холодного газопылевого облака, окружающего Солнце, предложенная Отто Юльевичем Шмидтом.

Солнечная система состоит из девяти планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Все планеты движутся в одном направлении, в единой плоскости (за исключением Плутона) по почти круговым орбитам. От центра до окраины Солнечной системы (до Плутона) 5,5 световых часов. Расстояние от Солнца до Земли 149 млн км (107 диаметром Солнца).

Малые планеты, как и большинство спутников планет, не имеют атмосферы, так как сила тяготения на их поверхности недостаточна для удержания газов. В атмосфере Венеры преобладает углекислый газ, в атмосфере Юпитера — аммиак. На Луне и Марсе имеются кратеры вулканического происхождения.

Строение и эволюция Земли

Радиус Земли 6,3 тыс. км. Масса 6^{21} т. Плотность 5,5 г/см^3. Скорость вращения вокруг Солнца 30 км/с.

Земля состоит из литосферы (земной коры), протяженностью 10–80 км, мантии и ядра. В атмосфере Земли, вес которой 5300000 млрд т, преобладает азот и кислород. Атмосферу разделяют на тропосферу (до 9–17 км) — «фабрику погоды», стратосферу (до 55 км) — «кладовую погоды», ионосферу, которая состоит из заряженных под воздействием излучений Солнца частиц, и зону рассеивания, располагающуюся на высоте 800–1000 км. Пояса радиации из частиц высоких энергий выше атмосферы предохраняют Землю от жестких космических лучей, губительных для всего живого.

Исследования показывают, что полюса на Земле менялись, и когда-то Антарктида была вечнозеленой. Вечная мерзлота образовалась 100 тыс. лет назад после великого оледенения.

В XIX в. в геологии сформировались **две концепции развития Земли**: «скачок» («теория катастроф» Жоржа Кювье); небольшие постоянные изменения в одном и том же направлении на протяжении миллионов лет, которые, суммируясь, приводили к огромным результатам («принцип униформизма» Чарльза Лайелля).

Успехи физики XX в. способствовали существенному продвижению в познании истории Земли. В 1908 г. ирландский ученый Д. Джоли сделал сенсационный доклад о геологическом значении радиоактивности: количество тепла, испущенного радиоактивными элементами, вполне достаточно, чтобы объяснить существование расплавленной магмы и извержение вулканов, а также смещение континентов и горообразование. С его точки зрения, элемент материи — атом — имеет строго определенную длительность существования и неизбежно распадается. В следующем 1909 г. русский ученый В.И. Вернадский основывает геохимию — науку об истории атомов Земли и ее физико-химической эволюции.

В соответствии с современными взглядами температура ядра Земли может быть низкой, а процессы в земной коре имеют радиоактивную природу. Сначала Земля была холодной. Атомы радиоактивных элементов, распадаясь, выделяли тепло и недра разогревались. Это повлекло за собой выделение газов и водяных паров, которые, выходя на поверхность, положили начало воздушной оболочке и океанам.

В 1915 г. немецкий геофизик А. Вегенер предположил исходя из очертаний континентов, что в карбоне существовал единый массив суши, названный им Пангеей (греч. «вся земля»). Пангея раскололась на Лавразию и Гондвану. 135 млн лет назад Африка отделилась от Южной Америки; 85 млн лет назад Северная Америка отделилась от Европы; 40 млн лет назад Индийский материк столкнулся с Азией и появились Тибет и Гималаи.

Решающим аргументом в пользу данной концепции стало эмпирическое обнаружение в конце 50-х годов расширения дна океанов, что послужило отправной точкой создания тектоники литосферных плит. В настоящее время считается, что континенты расходятся под влиянием глубинных конвективных течений, направленных вверх и в стороны и тянущих за собой плиты, на которых плавают континенты. Эту теорию подтверждают и биологические данные о распространении животных на нашей планете. Теория дрейфа континентов, основанная на тектонике литосферных плит, ныне общепринята в геологии.

Как мы увидим в дальнейшем, Земля является фабрикой по производству (причем безотходному) сложных соединений, минералов и живых тел.

Вопросы для повторения

1. На чем основывается модель расширяющейся Вселенной?
2. Что такое реликтовое излучение?
3. Что такое однородность и изотропность Вселенной?
4. Какой основной метод исследования в астрономии?
5. Как Вселенная могла образоваться из ничего?
6. Что такое «возбужденный вакуум»?
7. Что такое «красное смещение»?
8. Почему светят звезды?
9. Какие процессы происходят в недрах звезд?

10. Зачем нужны галактики и звезды?
11. Чем квазары отличаются от пульсаров?
12. Чем «черные дыры» отличаются от «белых дыр»?
13. Что такое комета и сколько она живет?
14. Что такое нейтронная звезда и «белый карлик»?
15. Что такое глобальная тектоника и глобальные проблемы?
16. Какой процесс происходит в атомной бомбе? Когда она была создана?
17. Что является причиной горообразования и вулканической деятельности?

Литература к главе 4

1. *Вейнберг С.* Первые три минуты. — М., 1981.
2. *Мир* вокруг нас. — М., 1983.
3. *Новиков И.Д.* Как взорвалась Вселенная. — М., 1988.
4. *Хойл Ф.* Галактики, ядра и квазары. — М., 1968.
5. *Ходж П.* Революция в астрономии. — М., 1972.
6. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. — М., 1976.
7. *Шкловский И.С.* Звезды, их рождение, жизнь и смерть. — М., 1975.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Чем отличаются космология, космогония, астрономия, астрофизика, космонавтика?
2. В чем различие понятий: Вселенная, бытие, космос, Универсум?
3. Почему космос и косметика однокоренные слова?
4. Чем отличается астрономия от астрологии?
5. Что такое точка сингулярности?
6. Что значит стационарность и нестационарность Вселенной?
7. В чем разница между бесконечностью и безграничностью?
8. В каком смысле можно говорить о реликтовом излучении как об «ископаемом»? Что оно дало ученым? Почему оно не было обнаружено раньше?
9. Как можно доказать, что все произошло из ничего?
10. Чем отличается гравитационный коллапс от антиколлапсионного взрыва?

11. Чем «черная дыра» отличается от «белой дыры»?
12. Дайте определение понятиям «звезда», «планета», «галактика».
13. Какие процессы идут в недрах галактики?
14. Какова масса Солнца?
15. Какое значение имело открытие планеты Нептун, предсказанной на основе закона всемирного тяготения?
16. Какова структура галактики?
17. Чем звезды отличаются от планет, комет?
18. В каком смысле можно сравнивать природные системы с фабриками по производству каких-либо вещей?
19. Почему учение Коперника называют коперниканской революцией?
20. Почему появилось выражение «гармония сфер»?
21. Чем красные гиганты отличаются от обычных звезд?
22. Почему светит Солнце?
23. Каковы основные концепции происхождения звездных систем?
24. Каковы основные концепции происхождения Солнечной системы?
25. Каково строение атмосферы Земли?
26. Почему сменяются день и ночь, времена года?
27. Почему на экваторе жарко, а на полюсах холодно?
28. Как была взвешена Земля?
29. Каково строение Земли?
30. Каково эмпирическое подтверждение расхождения континентов?
31. Как происходит развитие Земли с точки зрения тектоники литосферных плит?
32. Почему происходят землетрясения, извержения вулканов?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Уже само наше существование влечет за собой строгий отбор типов Вселенной, которую мы могли бы познавать» (Дж. Барроу).

«Вот человек, следовательно, какой же должна быть Вселенная?» (Дж. Уилер).

«...Таким образом, вхождение времени в физику явилось заключительным этапом все более широкого "восстановления прав" истории в естественных и социальных науках. Интересно отметить, что на каждом этапе этого процесса наиболее важной отличительной особенностью "историизации" было открытие какой-нибудь временно́й неоднородности. Начиная с эпохи Возрождения западное общество вступало в контакт со многими цивилизациями, находившимися на различных этапах развития; в XIX в. биология и геология открыли и классифицировали ископаемые формы жизни и научились распознавать в ландшафтах сохранившиеся до нашего времени памятники прошлого; наконец, физика XX в. также открыла своего рода "ископаемое" — реликтовое излучение, поведавшее нам о "первых минутах" Вселенной. Ныне мы твердо знаем, что живем в мире, где сосуществуют в неразрывной связи различные времена и ископаемые различных эпох» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

Глава 5. СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА

Физика и редукционизм

В этой главе мы дадим как бы моментальную фотографию современного строения мира. Поможет нам одна из наиболее древних и фундаментальных наук — физика. В буквальном переводе с греческого слово «фюзис» означает «природа». Стало быть, физика— наука о природе. Физика — главная из естественных наук, поскольку она открывает истины, справедливые для всей Вселенной, о соотношении нескольких основных переменных. Ее универсальность обратно пропорциональна количеству переменных, которые она вводит в свои формулы.

Как атомы и кварки — «кирпичики» мироздания, так законы физики — «кирпичики» познания. «Кирпичиками» познания законы физики являются не только потому, что в них используются некоторые основные и универсальные переменные и постоянные, действующие во всей Вселенной, но также и потому, что в **науке действует принцип редукционизма, согласно которому все более сложные законы развития более сложных уровней реальности должны быть сведены к законам более простых уровней.**

Скажем, законы воспроизводства жизни в генетике раскрываются на молекулярном уровне как законы взаимодействия молекул ДНК и РНК. Согласованием законов различных областей материального мира занимаются специальные пограничные науки, такие, как молекулярная биология, биофизика, биохимия, геофизика, геохимия и т. д. Очень часто новые науки образуются как раз на стыках более старых дисциплин.

Относительно сферы применимости принципа редукционизма в методологии науки ведутся ожесточенные споры, но само объяснение как таковое всегда предполагает сведение объясняемого на более низкий понятийный уровень. В этом смысле наука просто подтверждает свою рациональность.

Физики утверждают, что ни одно тело во Вселенной не может не подчиняться закону всемирного тяготения, а если его поведение противоречит данному закону, значит вмешиваются другие закономерности. Самолет не падает на землю, космический корабль преодолевает земное тяготение за счет применения реактивного двигателя, точного расчета при конструировании, использовании специальных видов топлива. Полет самолета, космического корабля не отрицает закона всемирного тяготения, а использует факторы, которые нейтрализуют его действие.

Можно отрицать законы философии, религию, мистические чудеса, и это признается нормальным. Но с подозрением смотрят на человека, который отрицает законы науки, скажем, закон всемирного тяготения. В этом смысле можно сказать, что законы физики лежат в основе научного постижения действительности.

Физика и наглядность

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

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

Такой эксперимент провел великий итальянский ученый Галилео Галилей, автор «Диалога о двух главнейших системах мира, птоломеевой и коперниковой» (1632 г.). Для того, чтобы данный мысленный эксперимент стал возможным, потребовалось представление об идеально гладком теле и идеально гладкой поверхности, исключающей трение. Эксперимент Галилея, позволивший сделать вывод, что если ничто не будет влиять на движение тела, то оно сможет продолжаться бесконечно долго, стал основой классической механики Ньютона (вспомним три закона движения из школьной программы физики). В 1686 г. Исаак Ньютон предоставил Лондонскому королевскому обществу свои «Математические начала натуральной философии», в которых сформулировал основные законы движения, закон всемирного тяготения, понятия массы, инерции, ускорения. Так, благодаря мысленным экспериментам стала возможной новая механистическая картина мира.

Возможно, на знаменитые мысленные эксперименты Галилея подвигло создание гелиоцентрической системы мира выдающимся польским ученым Николаем Коперником (1473–1543), ставшее еще одним примером отказа от непосредственной наглядности. Главный труд Коперника «Об обращении небесных миров» подвел итог его наблюдениям и размышлениям над этими вопросами в течение более 30 лет. Датский астроном Тихо Браге (1546–1601) ради спасения наглядности выдвинул в 1588 г. гипотезу, согласно которой вокруг Солнца вращаются все планеты, за исключением Земли, последняя неподвижна и вокруг нее обращаются Солнце с планетами и Луна. И только Иоганн Кеплер (1571–1630), установив три закона планетарных движений, носящих его имя (первые два в 1609г., третий— в 1618 г.) окончательно подтвердил справедливость учения Коперника.

Итак, прогресс науки Нового времени определили идеализированные представления, порывающие с непосредственной реальностью. Однако физика XX в. заставляет нас отказаться не только от непосредственной наглядности, но и от наглядности как таковой. Это препятствует представлению физической реальности, но позволяет лучше осознать справедливость слов Эйнштейна: «Физические понятия суть свободные творения человеческого разума и не однозначно определены внешним миром... В нашем стремлении понять реальность мы отчасти подобны человеку, который хочет понять механизм закрытых часов. Он видит циферблат и движущиеся стрелки, даже слышит тиканье, но не имеет средств открыть их корпус. Если он остроумен, он может нарисовать себе некую картину механизма, которая отвечала бы всему, что он наблюдает, но он никогда не может быть вполне уверен в том, что его картина единственная, которая могла бы объяснить его наблюдения...» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд).

Отказ от наглядности научных представлений является неизбежной платой за переход к исследованию более глубоких уровней реальности, не соответствующих эволюционно выработанным механизмам человеческого восприятия.

Теория относительности

Еще в классической механике был известен принцип относительности Галилея: «Если законы механики справедливы в одной системе координат, то они справедливы и в любой другой системе, движущейся прямолинейно и равномерно относительно первой». Такие системы называются инерциальными, поскольку движение в них подчиняется закону инерции, гласящему: «Всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если только оно не вынуждено изменить его под влиянием движущих сил».

В начале XX в. выяснилось, что принцип относительности справедлив также в оптике и электродинамике, т.е. в других разделах физики. **Принцип относительности расширил свое значение и теперь звучал так: любой процесс протекает одинаково в изолированной материальной системе, и в такой же системе, находящейся в состоянии равномерного прямолинейного движения. Или: законы физики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета.**

После того как физики отказались от представления о существовании эфира как всеобщей среды, рухнуло и представление об эталонной системе отсчета. Все системы отсчета были признаны равнозначными, и принцип относительности стал универсальным. Относительность в теории относительности означает, что все системы отсчета одинаковы и нет какой-либо одной, имеющей преимущества перед другими (относительно которой эфир был бы неподвижен).

Переход от одной инерциальной системы к другой осуществлялся в соответствии с преобразованиями Лоренца. Однако экспериментальные данные о постоянстве скорости света привели к парадоксу, для разрешения которого понадобилось введение принципиально новых представлений.

Пояснить сказанное поможет следующий пример. Предположим, что мы плывем на корабле, движущемся прямолинейно и равномерно относительно берега. Все законы движения остаются здесь такими же, как не берегу. Общая скорость движения будет определяться суммой движения на корабле и движения самого корабля. При скоростях, далеких от скорости света, это не приводит

к отклонению от законов классической механики. Но если наш корабль достигнет скорости, близкой к скорости света, то сумма скорости движения корабля и на корабле может превысить скорость света, чего на самом деле не может быть, так как в соответствии с экспериментом Майкельсона—Морли, скорость света всегда одинакова во всех системах координат, независимо от того, движется ли излучающий источник или нет, и независимо от того, как он движется.

Пытаясь преодолеть возникшие трудности, в 1904 г. Х. Лоренц предложил считать, что движущиеся тела сокращаются в направлении своего движения (причем коэффициент сокращения зависит от скорости тела) и что в различных системах отсчета измеряются кажущиеся промежутки времени. Но в следующем году А. Эйнштейн истолковал кажущееся время в преобразованиях Лоренца как истинное.

Как и Галилей, Эйнштейн использовал мысленный эксперимент, который получил название «поезд Эйнштейна»: «Представим себе наблюдателя, едущего в поезде и измеряющего скорость света, испускаемого фонарями на обочине дороги, т.е. движущегося со скоростью c в системе отсчета, относительно которой поезд движется со скоростью v. По классической теореме сложения скоростей наблюдатель, едущий в поезде, должен был бы приписать свету, распространяющемуся в направлении движения поезда, скорость $c - v$...» Однако скорость света выступает как универсальная постоянная природы.

Рассматривая это противоречие, **Эйнштейн предложил отказаться от представления об абсолютности и неизменности свойств пространства и времени.** Данный вывод противоречит здравому смыслу и тому, что Кант называл условиями созерцания, поскольку мы не можем представить никакого пространства, кроме трехмерного, и никакого времени, кроме одномерного. Но наука совсем не обязательно должна следовать здравому смыслу и неизменным формам чувственности. Главный критерий для нее — соответствие теории и эксперимента. Теория Эйнштейна удовлетворяла этому критерию и была принята. В свое время и представления о том, что Земля круглая и движется вокруг Солнца тоже казались противоречащими здравому смыслу и наблюдению, но именно они оказались справедливыми.

Пространство и время традиционно рассматривались в науке как основные формы существования материи, ответственные за расположение отдельных элементов материи друг относительно друга и за закономерную координацию сменяющих друг друга явлений.

Характеристиками пространства считались однородность — одинаковость свойств во всех направлениях, и изотропность — независимость свойств от направления. Время также считалось однородным, т.е. любой процесс в принципе повторим через некоторый промежуток времени. С этими свойствами связана симметрия мира, которая имеет большое значение для его познания. Пространство рассматривалось как трехмерное, а время как одномерное и идущее в одном направлении— от прошлого к будущему. Время необратимо, но во всех физических законах от перемены знака времени на противоположный ничего не меняется и стало быть физически будущее неотличимо от прошедшего.

В истории науки известны две концепции пространства: пространство неизменное как вместилище материи (взгляд Ньютона) и пространство, свойства которого связаны со свойствами тел, находящихся в нем (взгляд Лейбница). **В соответствии с теорией относительности любое тело определяет геометрию пространства.**

Из специальной теории относительности следует, что длина тела (вообще расстояние между двумя материальными точками) и длительность (а также ритм) происходящих в нем процессов являются не абсолютными, а относительными величинами. При приближении к скорости света все процессы в системе замедляются, продольные (вдоль движения) размеры тела сокращаются и события, одновременные для одного наблюдателя оказываются разновременными для другого, движущегося относительно него. «Стержень сократится до нуля, если его скорость достигнет скорости света... часы совершенно остановились бы, если бы они могли двигаться со скоростью света» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд).

Экспериментально подтверждено, что частица (например, нуклон) может проявлять себя по отношению к медленно движущейся относительно нее частице как сферическая, а по отношению к налетающей на нее с очень большой скоростью частице — как сплющенный в направлении движения диск. Соответственно, время жизни медленно движущегося заряженного π-мезона составляет примерно 10^{-8} с, а быстро движущегося (с околосветовой скоростью) — во много раз больше. Итак, **пространство и время — общие формы координации материальных явлений, а не самостоятельно существующие независимо от материи начала бытия.**

Найденное Эйнштейном объединение принципа относительности Галилея с относительностью одновременности получило название ПРИНЦИПА ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА. Понятие относительности стало одним из основных в современном естествознании.

В специальной теории относительности свойства пространства и времени рассматриваются без учета гравитационных полей, которые не являются инерциальными. Общая теория относительности распространяет выводы специальной теории относительности на все, в том числе неинерциальные системы. Общая теория относительности связала тяготение с электромагнетизмом и механикой. Она заменила ньютонов механистический закон всемирного тяготения на полевой закон тяготения. «Схематически мы можем сказать: переход от ньютонова закона тяготения в общей относительности до некоторой степени аналогичен переходу от теории электрических жидкостей и закона Кулона к теории Максвелла» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд). И здесь физика перешла от вещественной к полевой теории.

Три века физика была механистической и имела дело только с веществом. Но «уравнения Максвелла описывают структуру электромагнитного поля. Ареной этих законов являются все пространство, а не одни только точки, в которых находится вещество или заряды, как это имеет место для механических законов». Представление о поле победило механицизм. Уравнения Максвелла «не связывают, как это имеет место в законах Ньютона, два широко разделенных события, они не связывают события *здесь* с условиями *там*. Поле *здесь* и *теперь* зависит от поля в *непосредственном соседстве* в момент *только что протекший*» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд). Это существенно новый момент полевой картины мира. Электромагнитные волны распространяются со скоростью света в пространстве и аналогичным образом действует гравитационное поле.

Массы, создающие поле тяготения, по общей теории относительности, искривляют пространство и меняют течение времени. Чем сильнее поле, тем медленнее течет время по сравнению с течением времени вне поля. Тяготение зависит не только от распределения масс в пространстве, но и от их движения, от давления и натяжений, имеющихся в телах, от электромагнитного и всех других физических полей. Изменения гравитационного поля распределяются в вакууме со скоростью света. В теории Эйнштейна материя влияет на свойства пространства и времени.

При переходе к космическим масштабам геометрия пространства перестает быть евклидовой и изменяется от одной области к другой в зависимости от плотности масс в этих областях и их движения. В масштабах метагалактики геометрия пространства изменяется со временем вследствие расширения метагалактики. При скоростях, приближающихся к скорости света, при сильном поле пространство приходит в сингулярное состояние, т.е. сжимается в

точку. Через это сжатие мегамир приходит во взаимодействие с микромиром и во многом оказывается аналогичным ему. Классическая механика остается справедливой как предельный случай при скоростях, намного меньших скорости света, и массах, намного меньших масс в мегамире.

Теория относительности показала единство пространства и времени, выражающееся в совместном изменении их характеристик в зависимости от концентрации масс и их движения. Время и пространство перестали рассматриваться независимо друг от друга и возникло представление о пространственно-временном четырехмерном континууме.

Теория относительности связала также массу и энергию соотношением $E = MC^2$, где C — скорость света. В теории относительности «два закона — закон сохранения массы и сохранения энергии — потеряли свою независимую друг от друга справедливость и оказались объединенными в единый закон, который можно назвать законом сохранения энергии или массы» (В. Гейзенберг). Явление аннигиляции, при котором частица и античастица взаимно уничтожают друг друга, и другие явления физики микромира подтверждают данный вывод.

Итак, теория относительности основывается на постулатах постоянства скорости света и одинаковости законов природы во всех физических системах, а основные результаты, к которым она приходит, таковы: относительность свойств пространства-времени; относительность массы и энергии; эквивалентность тяжелой и инертной масс (следствие отмеченного еще Галилеем, что все тела, независимо от их состава и массы, падают в поле тяготения с одним и тем же ускорением).

До XX в. были открыты законы функционирования вещества (Ньютон) и поля (Максвелл). В XX в. неоднократно предпринимались попытки создать единую теорию поля, в которой соединились бы вещественные и полевые представления, которые, однако, оказались безуспешными.

В 1967 г. была выдвинута гипотеза о наличии тахионов — частиц, которые двигаются со скоростью, большей скорости света. Если эта гипотеза когда-нибудь подтвердится, то, возможно, что из очень неуютного для обычного человека мира относительности, в котором постоянна только скорость света, мы снова вернемся в более привычный мир, в котором абсолютное пространство напоминает надежный дом со стенами и крышей. Но пока это только мечты, о реальной осуществимости которых можно будет говорить наверное только в третьем тысячелетии.

В заключение данного раздела приведем слова из книги В. Гейзенберга «Часть и целое» о том, что же означает "понимание" как таковое: «... "Понимать" — это, по-видимому, означает овладеть представлениями, концепциями, с помощью которых мы можем рассматривать огромное множество различных явлений в их целостной связи, иными словами, "охватить" их. Наша мысль успокаивается, когда мы узнаем, что какая-нибудь конкретная, кажущаяся запутанной ситуация есть лишь частное следствие чего-то более общего, поддающегося тем самым более простой формулировке. Сведение пестрого многообразия явлений к общему и простому первопринципу или, как сказали бы греки, "многого" к "единому", и есть как раз то самое, что мы называем "пониманием". Способность численно предсказать событие часто является следствием понимания, обладания правильными понятиями, но она непосредственно не тождественна пониманию».

Квантовая механика

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

Последующее изучение явлений микромира привело к результатам, которые резко расходились с общепринятыми в классической физике и даже в теории относительности представлениями. Классическая физика видела свою цель в описании объектов, существующих в пространстве, и в формулировке законов, управляющих их изменениями во времени. Но для таких явлений, как радиоактивный распад, дифракция, спектр излучений можно утверждать лишь, что имеется некоторая вероятность того, что индивидуальный объект таков и что он имеет такое-то свойство. В квантовой механике нет места для законов, управляющих изменениями объекта во времени.

Для классической механики характерно описание частиц путем задания их положения и скоростей и зависимости этих величин от времени. В квантовой механике одинаковые частицы в одинаковых условиях могут вести себя по-разному. Эксперимент с двумя

отверстиями, через которые проходит электрон, позволяет и требует применения вероятностных представлений. Нельзя сказать, через какое отверстие пройдет данный электрон, но если их много, то можно предположить, что часть их проходит через одно отверстие, часть — через другое. Законы квантовой механики — законы статистического характера. «Мы можем предсказать, сколько приблизительно атомов (радиоактивного вещества — *А.Г.*) распадутся в следующие полчаса, но мы не можем сказать... почему именно эти отдельные атомы обречены на гибель». В микромире господствует статистика, а не уравнения Максвелла или законы Ньютона. «Вместо этого мы имеем законы, управляющие изменениями во времени» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд).

Статистические законы можно применить только к большим совокупностям, но не к отдельным индивидуумам. **Квантовая механика отказывается от поиска индивидуальных законов элементарных частиц и устанавливает статистические законы.** На базе квантовой механики невозможно описать положение и скорость элементарной частицы или предсказать ее будущий путь. Волны вероятности говорят о вероятности встретить электрон в том или ином месте.

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

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

Важная особенность явлений микромира заключается в том, что электрон ведет себя подобно частице, когда движется во внешнем электрическом или магнитном поле, и подобно волне, когда дифрагирует, проходят сквозь кристалл. Поведение потока частиц — электронов, атомов, молекул — при встрече с препятствиями или отверстиями атомных размеров подчиняется волновым законам: наблюдаются явления дифракции, интерференции, отражения,

преломления и т.п. Луи де Бройль предположил, что электрон — это волна определенной длины.

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

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

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

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

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

Энергию системы также можно измерить с точностью, не превышающей определенной величины. Причина этого — во взаимодействии системы с измерительным прибором, который препятствует

точному измерению энергии. Из соотношения неопределенностей вытекает, что энергии возбужденных состояний атомов, молекул, ядер не могут быть строго определенными. На этом выводе и основана гипотеза происхождения Вселенной из «возбужденного вакуума».

Значение эксперимента возросло в квантовой механике до такой степени, что, как пишет Гейзенберг, «наблюдение играет решающую роль в атомном событии, и что реальность различается в зависимости от того, наблюдаем мы ее или нет». Из данного обстоятельства, заключающегося в том, что сам измерительный прибор влияет на результаты измерения и участвует в формировании изучаемого явления, следовало, во-первых, представление об особой «физической реальности», которой присущ данный феномен, а, во-вторых, представление о субъект-объектном единстве как единстве измерительного прибора и изучаемой реальности. Квантовая теория уже не допускает вполне объективного описания природы. Человек перешел на тот уровень исследования, где его влияние оказывается неустранимым в ходе эксперимента и фиксируемым результатом является взаимодействие изучаемого объекта и измерительного прибора.

Итак, **принципиально новыми выводами в исследовании микромира стали:** 1) каждая элементарная частица обладает как корпускулярными, так и волновыми свойствами; 2) вещество может переходить в излучение (аннигиляции частицы и античастицы дает фотон, т.е. квант света); 3) можно предсказать место и импульс элементарной частицы только с определенной вероятностью; 4) прибор, исследующий реальность, влияет на нее; 5) точное измерение возможно только при потоке частиц, но не одной частицы.

По существу, относительность восторжествовала и в квантовой механике, так как ученые признали, что нельзя, во-первых, найти объективную истину безотносительно от измерительного прибора; во-вторых, знать одновременно и положение и скорость частиц; в-третьих, установить, имеем ли мы в микромире дело с частицами или волнами. Это и есть торжество относительности в физике XX в.

В глубь материи

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

материи, входящая в состав химического элемента. Химический элемент состоит из одинаковых атомов.

Потом выяснилось, что сам атом состоит из элементарных частиц. В первой модели атома, предложенной Э. Резерфордом, электроны движутся вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца (планетарная модель атома). Установлено, что поперечник атома составляет 10^{-8} см, а ядра — 10^{-12} см. Масса протона больше массы электрона в 2000 раз. Плотность ядра 10^{14} г/см^3. Превращение химических веществ друг в друга, о чем мечтали алхимики, возможно, но для этого нужно изменить атомное ядро, а это требует энергий в миллионы раз превосходящих энергию химических процессов.

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

Немецкий физик П. Дирак предсказал в 1936 г. существование античастиц с той же массой, что и частицы, но зарядом противоположного знака. На ускорителях высоких энергий уже получены позитроны (античастицы электронов) и антипротоны. При столкновении частица и античастица аннигилируют с выделением фотонов — безмассовых частиц света (вещество переходит в излучение). В результате взаимодействия фотонов могут рождаться пары «частица-античастица».

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

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

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

найдены. По сообщениям американских ученых, в 1994 г. обнаружен последний из шести разновидностей, самый тяжелый кварк.

Физические взаимодействия

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

Сильные взаимодействия происходят между адронами (от греч. «адрос» — сильный), к которым относятся барионы (греч. «барис» — тяжелый) — это нуклоны (протоны и нейтроны) и гипероны, и мезоны. Сильные взаимодействия возможны только на больших расстояниях (радиус примерно 10^{-12} см).

Одно из проявлений сильных взаимодействий — ядерные силы. Сильные взаимодействия открыты Э. Резерфордом в 1911 г. одновременно с открытием атомного ядра (этими силами объясняется рассеяние α-частиц, проходящих через вещество). Согласно гипотезе Юкавы (1935 г.), сильные взаимодействия состоят в испускании промежуточной частицы — переносчика ядерных сил. Это π-мезон, обнаруженный в 1947 г., с массой в 6 раз меньше массы нуклона, и найденные позже другие мезоны. Нуклоны окружены «облаками» мезонов.

Нуклоны могут приходить в возбужденные состояния — барионные резонансы — и обмениваться при этом иными частицами. При столкновении барионов их облака перекрываются и «возбуждаются», испуская частицы в направлении разлетающихся облаков. Из центральной области столкновения могут испускаться в различных направлениях более медленные вторичные частицы. Ядерные силы не зависят от заряда частиц. В сильных взаимодействиях величина заряда сохраняется.

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

Слабые взаимодействия слабее электромагнитного, но сильнее гравитационного. Радиус действия на два порядка меньше радиуса сильного взаимодействия. За счет слабого взаимодействия светит Солнце (протон превращается в нейтрон, позитрон и нейтрино). Испускаемое нейтрино обладает огромной проницающей способностью— оно проходит через железную плиту толщиной миллиард километров. При слабых взаимодействиях меняется заряд частиц.

Слабое взаимодействие представляет собой не контактное взаимодействие — оно осуществляется путем обмена промежуточными тяжелыми частицами — бозонами, аналогичными фотону. Бозон виртуален и нестабилен.

Гравитационное взаимодействие во много раз слабее электромагнитного. «Спустя 100 лет после того, как Ньютон открыл закон тяготения, Кулон обнаружил такую же зависимость электрической силы от расстояния. Но закон Ньютона и закон Кулона существенно различаются в следующих двух отношениях. Гравитационное притяжение существует всегда, в то время как электрические силы существуют только в том случае, если тела обладают электрическими зарядами. В законе тяготения имеется только притяжение, а электрические силы могут как притягивать, так и отталкивать» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд).

Одна из главных задач современной физики — создать общую теорию поля и физических взаимоотношений. Но действительное развитие науки далеко не всегда совпадает с планируемым.

Новый диалог с природой возникает и в результате изучения механизмов эволюции неживых систем в новой науке — синергетике. «Установившееся в результате ее (науки — *А.Г.*) успехов, ставшее для европейцев традиционным видение мира — взгляд со стороны. Человек ставит опыты, ищет объяснение их результатам, но сам себя частью изучаемой природы не считает. Он — вне ее, выше. Теперь же начинают изучать природу изнутри, учитывать личное присутствие во Вселенной, принимать во внимание наши чувства и эмоции» (И. Пригожин).

Вопросы для повторения

1. Почему теория относительности так называется?
2. Что такое принцип относительности?
3. Как понимаются пространство и время в современной науке?
4. Что такое античастица и чем она отличается от антитела?
5. Что такое физикализм и редукционизм?
6. Что такое аннигиляция?
7. Чем общая теория относительности отличается от специальной?
8. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
9. Что изучает квантовая механика и почему она так называется?
10. Что такое вакуум и что значит «возбужденный вакуум»?
11. Что такое принцип дополнительности?

12. Что такое принцип неопределенности?
13. Каково значение вероятностных методов в квантовой механике?
14. В чем специфика отношения прибор— объект в квантовой механике?
15. Сколько существует физических взаимодействий и как они называются?
16. Чем вещество отличается от поля?
17. Чем частица отличается от волны?

Литература к главе 5

1. *Гейзенберг В.* Шаги за горизонт. — М., 1987.
2. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. — М., 1986.
3. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. — М., 1965.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Почему Аристотель ошибся, формулируя закон движения и не учел трения?
2. Почему теория относительности так называется?
3. Что относительно и что постоянно в теории относительности?
4. Чем измеряется интерсубъективное время?
5. В каком смысле можно говорить об относительности физического времени?
6. Чем заменено в теории относительности пространство и время?
7. Что такое пространственно-временной континуум?
8. В виде какой фигуры вы представляете себе пространство — куб с плоскими гранями или как-то еще?
9. Чем общая теория относительности отличается от специальной?
10. Чем отличается вещество от поля?
11. Зачем нужна была единая теория поля?
12. Притягиваются ли люди друг к другу?
13. Как изменила научную картину мира современная физика?

14. В чем значение для современной картины мира понятия вероятности, времени, эволюции?
15. Как с точки зрения современной физики появляются вещи?
16. Что такое аннигиляция?
17. Чем различаются философское, мифологическое, физическое и психологическое время?
18. Каковы свойства времени (однородность, однонаправленность, одноразмерность)?
19. Чем различаются философское, мифологическое, физическое и психологическое пространство?
20. Существуют ли пространство и время без материи? Если убрать материю, останутся ли пространство и время?
21. Каковы свойства пространства (трехмерность, однородность, изотропность)?
22. Чем интерсубъективное пространство и время отличаются от субъективного?
23. Чем свет отличается от звука и что это такое? Что он дает?
24. Какая связь между просвещением в духовном смысле и светом физическим?
25. Если образы играют в науке важную роль, то какое значение для познания имеет ненаглядность современной физики?
26. Как наука связана с проблемой наглядности?
27. Какова роль вероятностных методов в классической физике и квантовой механике?
28. Если все развивается, то справедливы ли универсальные законы физики?
29. Как вы можете себе представить искривленное пространство: в виде кривых зеркал в комнате смеха или как-то еще?
30. Возможен ли отказ от идеи непрерывности пространства и времени, как это предполагается в «бутстрэпном» объяснении квантовой механики?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Всякое тело сохраняет состояние движения до тех пор, пока на него действует какая-либо сила» (Аристотель).

«Что такое теория относительности? — Раньше думали, что если всю материю убрать, то пространство и время останутся. Теория относительности считает, что без материи и их не будет» (А. Эйнштейн).

«Было показано, что категории пространства и времени в сновидениях становятся модифицированными таким образом, который в некоторой степени напоминает отказ от пространства и времени в мифах» (М. Элиаде).

«Тюрьма: ограничение в пространстве, компенсируемое увеличением во времени» (И. Бродский).

«Для Эйнштейна, как и для Аристотеля, время и пространство находятся во Вселенной, а не Вселенная "находится во" времени и пространстве» (А. Койре).

«Дайте мне начальные данные частиц всего мира и я предскажу вам будущее мира» (П. Лаплас).

«1920-е годы все еще верили в то, что есть только два вида фундаментальных взаимодействий: гравитация и электромагнетизм. Пытаясь объединить их, Эйнштейн в то время мог надеяться сформулировать универсальную физическую теорию. Однако изучение атомного ядра вскоре вскрыло необходимость в двух дополнительных взаимодействиях: сильном — чтобы ядро существовало как таковое и слабом — чтобы дать ему возможность распадаться» (Ш.Л. Глэшоу).

«Какое место занимает картина мира физиков-теоретиков среди всех возможных таких картин? Благодаря использованию языка математики эта картина удовлетворяет высоким требованиям в отношении строгости и точности выражения взаимозависимостей. Но зато физик вынужден сильно ограничивать свой предмет, довольствуясь изображением наиболее простых, доступных нашему опыту явлений, тогда как все сложные явления не могут быть воссозданы человеческим умом с той точностью и последовательностью, которые необходимы физику-теоретику. Высшая аккуратность, ясность и уверенность — за счет полноты. Но какую прелесть может иметь охват такого небольшого среза природы, если наиболее тонкое и сложное малодушно оставляется в стороне? Заслуживает ли результат столь скромного занятия гордого названия "картины мира"? Я думаю — да, ибо общие положения, лежащие в основе мысленных построений теоретической физики, претендуют быть действительными для всех происходящих в природе событий. Путем чисто логической дедукции из них можно было бы вывести картину, т.е. теорию всех явлений природы, включая жизнь, если этот процесс дедукции не выходил бы далеко за пределы творческой возможности человеческого мышления. Следовательно, отказ от полноты физической картины мира не является принципиальным» (А. Эйнштейн).

«Уместно спросить: каково значение ньютоновского синтеза в наши дни, после создания теории поля, теории относительности и квантовой механики? Это— сложная проблема, и мы к ней еще вернемся. Теперь нам хорошо известно, что природа отнюдь не "комфортабельна и самосогласованна", как полагали прежде. На микроскопическом уровне законы классической механики уступили место законам квантовой механики. Аналогичным образом на уровне Вселенной на смену ньютоновской физике пришла релятивистская физика. Тем не менее, классическая физика и поныне остается своего рода естественной точкой отсчета. Кроме того, в том смысле, в каком мы определили ее, т.е. как описание детерминированных, обратимых, статичных траекторий, ньютоновская динамика и поныне образует центральное ядро всей физики» (А. Эйнштейн).

«Из определения координаты и импульса в квантовой механике следует, что не существует состояний, в которых эти две физические величины (т.е. координата q и импульс p) имели бы вполне определенное значение. Эту ситуацию, неизвестную в классической механике, выражают знаменитые соотношения неопределенности Гейзенберга. Мы можем измерять координату и импульс, но неопределенности в их значениях Δq и Δp связаны между собой неравенством Гейзенберга $\Delta q \Delta p \geq h$. Если неопределенность Δq в положении частицы сделать сколь угодно малой, то неопределенность Δp в ее импульсе обратится в бесконечность, и наоборот... Соотношение неопределенности Гейзенберга с необходимостью приводит к пересмотру понятия причинности. Мы можем определить коорди-

нату с абсолютной точностью, но в тот момент, когда это происходит, импульс принимает совершенно произвольное значение, положительное или отрицательное. Это означает, что объект, положение которого нам удалось измерить абсолютно точно, тотчас же перемещается сколь угодно далеко. Локализация утрачивает смысл: понятия, составляющие самую основу классической механики, при переходе к квантовой механике претерпевают глубокие изменения» (А. Эйнштейн).

«Нам приходится решать, какое измерение мы собираемся произвести над системой и какой вопрос наши эксперименты зададут ей. Следовательно, существует неустранимая множественность представлений системы, каждое из которых связано с определенным набором операторов. В свою очередь это влечет за собой отход квантовой механики от классического понятия объективности, поскольку с классической точки зрения существует единственное объективное описание. Оно является полным описанием *системы "такой, как она есть"*, не зависящим от выбора способа наблюдения. Бор всегда подчеркивал новизну, нетрадиционность позитивного выбора, производимого при квантовомеханическом измерении. Физику необходимо выбрать свой язык, свой макроскопический измерительный прибор. Эту идею Бор сформулировал в виде так называемого принципа дополнительности, который можно рассматривать как обобщение соотношений неопределенности Гейзенберга. Мы можем измерить либо координаты, либо импульсы, но не координаты и импульсы одновременно. Физическое содержание системы не исчерпывается каким-либо одним теоретическим языком, посредством которого можно было бы выразить переменные, способные принимать вполне определенные значения. Различные языки и точки зрения на систему могут оказаться дополнительными. Все они связаны с одной и той же реальностью, но не сводятся к одному-единственному описанию. Неустранимая множественность точек зрения на одну и ту же реальность означает невозможность существования божественной точки зрения, с которой открывается "вид" на всю реальность. Однако принцип дополнительности учит нас не только отказу от несбыточных надежд. Бор неоднократно говорил, что от размышлений над смыслом квантовой механики голова у него идет кругом, и с ним нельзя не согласиться: у каждого из нас голова пойдет кругом, стоит лишь оторваться от привычной рутины здравого смысла. Реальный урок, который мы можем извлечь из принципа дополнительности (урок, важный и для других областей знания), состоит в констатации богатства и разнообразия реальности, превосходящей изобразительные возможности любого отдельно взятого языка, любой отдельно взятой логической структуры. Каждый язык способен выразить лишь какую-то часть реальности. Например, ни одно направление в исполнительском искусстве и музыкальной композиции от Баха до Шенберга не исчерпывает всей музыки» (А.Эйнштейн).

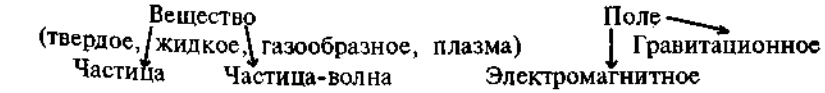
«Мы так привыкли к законам классической динамики, которые преподносятся нам едва ли не с младших классов средней школы, что зачастую плохо сознает всю смелость лежащих в их основе допущений. Мир, в котором все траектории обратимы,— поистине странный мир. Не менее поразительно и другое допущение, а именно допущение полной независимости начальных условий от законов движения» (А.Эйнштейн).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Структура современной физики

Виды процессов		Уровень
Движение (гравитация)	Тепловые процессы)	
Классическая механика	Термодинамика, синергетика	Макро
Квантовая механика	Физика элементарных частиц	Микро
Релятивистская физика	Астрофизика	Мега

2. Виды физической реальности



3. Современные представления о пространстве и времени

Свойства пространства

Классическая физика	Релятивистская физика
Однородность	Однородность
Изотропность	Изотропность
Абсолютность	
а)Вечность	?
б)Бесконечность	?
в)Независимость от материи	Относительность
Трехмерность	Четырехмерный континуум
Непрерывность	Отрицается в «бутстрэп»-гипотезе
Протяженность	Протяженность

Свойства времени

Классическая физика	Релятивистская физика	Синергетика
Однородность	Однородность	Однородность
Изотропность	Изотропность	Изотропность
Абсолютность		
а)Вечность	?	Наличие предвремени
б)бесконечность	?	?
в)Независимость от материи	Относительность	Относительность
Длительность	Длительность	Длительность
Однонаправленность		
Обратимость	Обратимость	Необратимость
Одномерность	Четырехмерный континуум	Одномерность
Непрерывность	Отрицается в «бутстрэп»-гипотезе	

Глава 6. КИБЕРНЕТИКА И СИНЕРГЕТИКА

Понятие сложной системы

Теория относительности, изучающая универсальные физические закономерности во Вселенной, и квантовая механика, раскрывающая законы микромира, нелегки для понимания, и тем не менее они имеют дело с системами, которые с точки зрения современного естествознания считаются простыми. Простыми в том смысле, что в них входит небольшое число переменных, и поэтому взаимоотношения между ними поддаются математической обработке и подчиняются универсальным законам.

Однако, помимо простых, существуют СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ, которые состоят из большого числа переменных и стало быть большого количества связей между ними. Чем оно больше, тем труднее исследование объекта, выведение закономерностей его функционирования. Трудность изучения таких систем объясняется еще и тем обстоятельством, что чем сложнее система, тем больше у нее так называемых ЭМЕРДЖЕНТНЫХ СВОЙСТВ, т.е. свойств, которых нет у ее частей и которые являются следствием эффекта целостности системы.

Подобные сложные системы изучает, например, метеорология— наука о климатических процессах. Именно потому, что метеорология изучает сложные системы, процессы образования погоды гораздо менее известны, чем гравитационные процессы, что, на первый взгляд, кажется парадоксом. Действительно, чем можно точно определить, в какой точке будет находиться Земля или какое-либо другое небесное тело через миллионы лет, а предсказать погоду на завтра удается не всегда? Потому, что климатические процессы представляют гораздо более сложные системы, состоящие из огромного количества переменных и взаимодействий между ними.

Разделение систем на простые и сложные является фундаментальным в естествознании. Среди всех сложных систем наибольший интерес представляют системы с так называемой обратной связью. Это еще одно важное понятие современного естествознания.

Понятие образной связи

Если ударить по бильярдному шару, то он полетит в том направлении, в котором его направили, и с той скоростью, с которой он был послан. Полет брошенного камня тоже соответствует нашему желанию, если ничто не препятствует этому. Сам камень совершенно нейтрален по отношению к нам. Он не оказывает сопротивления, если не считать силу инерции.

Совсем иным будет поведение кошки, которая активно реагирует на наше воздействие. Так вот, если поведение объекта (поведением будем называть любое изменение объекта по отношению к окружающей среде) зависит от воздействия на него, то говорят, что в такой системе имеется обратная связь — между воздействием и реакцией на него.

Поведение системы может усиливать внешнее воздействие: это называется ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ обратной связью. Если оно уменьшает внешнее воздействие, то это ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ обратная связь. Особый случай — ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ обратные связи, которые сводят внешнее воздействие к нулю. Пример: температура тела человека, которая остается постоянной благодаря гомеостатическим обратным связям. Таких механизмов в живом организме огромное количество. Свойство системы, остающееся без изменений в потоке событий, называется ИНВАРИАНТОМ системы.

В широком смысле понятие обратной связи, по словам Н.Винера «означает, что часть выходной энергии аппарата или машины возвращается как вход... Положительная обратная связь прибавляется к входным сигналам, она не корректирует их. Термин "обратная связь" применяется также в более узком смысле для обозначения того, что поведение объекта управляется величиной ошибки в положении объекта по отношении к некоторой специфической цели. В этом случае обратная связь отрицательна, т.е. сигналы от цели используются для ограниения выходов, которые в противном случае шли бы дальше цели».

В любом нашем движении с определенной целью участвуют механизмы обратной связи. Мы не замечаем их действия, потому что они включаются автоматически. Но иногда мы пользуемся ими сознательно. Скажем, один человек предлагает место встречи, а другой повторяет: да, мы встречаемся там-то и во столько-то. Это обратная связь, делающая договоренность более надежной. Механизм обратной связи и призван сделать систему более устойчивой, надежной и эффективной.

Механизм обратной связи делает систему принципиально иной, повышая степень ее внутренней организованности и давая возможность говорить о самоорганизации в данной системе.

Итак, все системы можно разделить на системы с обратной связью и без таковой. Наличие механизма обратной связи позволяет считать, что система преследует какие-то цели, т.е. что ее поведение целесообразно.

Понятие целесообразности

Активное поведение системы может быть случайным или целесообразным. Н. Винер считал, что если «действие или поведение допускает истолкование как направленное на достижение некоторой цели, т.е. некоторого конечного состояния, при котором объект вступает в определенную связь в пространстве или во времени с некоторым другим объектом или событием. Нецеленаправленным поведением является такое, которое нельзя истолковать подобным образом».

Для обозначения машин с внутренне целенаправленным поведением Н. Винер ввел термин «сервомеханизмы». Например, торпеда, снабженная механизмом поиска цели. Всякое целенаправленное поведение требует отрицательной обратной связи. Оно может быть предсказывающим или непредсказывающим. Предсказание может быть 1-го, 2-го и последующих порядков в зависимости от того, на сколько параметров распространяется предсказание. Чем их больше, тем совершеннее система.

Понятие целесообразности претерпело длительную эволюцию. Во времена господства мифологического мышления деятельность любых, в том числе неживых, тел могла быть признана целесообразной на основе антропоморфизма, т.е. приписывания явлениям природы причин по аналогии с деятельностью человека. Философ Аристотель в числе причин функционирования мира, наряду с материальной, формальной, действующей, назвал и целевую. Религиозное понимание целесообразности основывается на представлении о том, что Бог создал мир с определенной целью, и стало быть мир целесообразен.

Научное понимание целесообразности строилось на обнаружении в изучаемых предметах объективных механизмов целеполагания. Поскольку в Новое время наука изучала простые системы, постольку она скептически относилась к понятию цели. Положение изменилось в XX в., когда естествознание перешло к изучению сложных систем с обратной связью, так как именно в таких системах существует внутренний механизм целеполагания. Наука, которая первой начала исследование подобных систем, получила название кибернетики.

Кибернетика

Кибернетика (от греч. χυβερνητης [cuber-nhethes] — кормчий) — это наука об управлении сложными системами с обратной связью. Она возникла на стыке математики, техники и нейрофизиологии, и ее интересовал целый класс систем как живых, так и неживых, в которых существовал механизм обратной связи. Основателем кибернетики по праву считается американский математик Н.Винер (1894–1964), выпустивший в 1948 г. книгу, которая так и называлась «Кибернетика».

Оригинальность этой науки заключается в том, что она изучает не вещественный состав систем и не их структуру (строение), а результат работы данного класса систем. В кибернетике впервые было сформулировано понятие «черного ящика» как устройства, по словам Н. Винера, «которое выполняет определенную операцию над настоящим и прошлым входного потенциала, но для которого мы не обязательно располагает информацией о структуре, обеспечивающей выполнение этой операции».

Системы изучаются в кибернетике по их реакциям на внешние воздействия, другими словами, по тем функциям, которые они выполняют. Наряду с субстратным (вещественным) и структурным подходом кибернетика ввела в научный обиход функциональный подход как еще один вариант системного подхода в широком смысле слова.

«Если XVII столетие и начало XVIII столетия — век часов, а конец XVII и все XIX столетие — век паровых машин, то настоящее время есть век связи и управления» (Н. Винер). В изучение этих процессов кибернетика внесла значительный вклад. Она рассматривает способы связи и модели управления, и в этом исследовании ей понадобилось еще одно понятие, которое было давно известным, но впервые получило фундаментальный статус в естествознании — понятие «информация» (от лат. informatio — ознакомление, разъяснение) как меры организованности системы в противоположность понятию энтропии как меры неорганизованности.

Чтобы яснее стало значение информации, рассмотрим деятельность идеального существа, получившего название «демон Максвелла». Идею такого существа, нарушающего второе начало термодинамики, Максвелл изложил в «Теории теплоты» вышедшей в 1871 г. «Когда частица со скоростью выше средней подходит к дверце из отделения А или частица со скоростью ниже средней подходит к дверце из отделения В, привратник открывает дверцу и частица проходит через отверстие; когда же частица со скоростью ниже средней подходит из отделения А или частица со скоростью выше средней подходит из отделения В, дверца закрывается. Таким образом, частицы большей скорости сосредоточиваются в отделении В, а в отделении А их концентрация уменьшается. Это вызывает очевидное уменьшение энтропии, и если соединить оба отделения тепловым двигателем, мы, как будто, получим вечный двигатель второго рода».

Может ли действовать «демон Максвелла»? Да, если получает от приближающихся частиц информацию об их скорости и точке удара о стенку. Это и дает возможность связать информацию с энтропией. Возможно, в живых системах действуют аналоги таких «демонов» (на это могут претендовать, к примеру, ферменты). Понятие информации имеет такое большое значение, что оно вошло в заглавие нового научного направления, возникшего на базе кибернетики — информатики (название произошло из соединения слов «информация» и «математика»).

Кибернетика выявляет зависимости между информацией и другими характеристиками систем. Работа «демона Максвелла» позволяет установить обратно пропорциональную зависимость между информацией и энтропией. С повышением энтропии уменьшается информация (поскольку все усредняется) и наоборот, понижение энтропии увеличивает информацию. Связь информации с энтропией свидетельствует и о связи информации с энергией.

Энергия (от греч. energeia — деятельность) характеризует общую меру различных видов движения и взаимодействия в механической, тепловой, электромагнитной, химической, гравитационной и ядерной формах. Информация характеризует меру разнообразия систем. Эти два фундаментальных параметра системы (наравне с ее вещественным составом) относительно обособлены друг от друга. Точность сигнала, передающего информацию, не зависит от количества энергии, которая используется для передачи сигнала. Тем не менее энергия и информация связаны между собой. Винер приводит такой пример: «Кровь, оттекающая от мозга, на долю градуса теплее, чем кровь, притекающая к нему».

Информация растет с повышением разнообразия системы, но на этом ее связь с разнообразием не кончается. Одним из основных законов кибернетики является закон НЕОБХОДИМОГО РАЗНООБРАЗИЯ. В соответствии с ним эффективное управление какой-либо системой возможно только в том случае, когда разнообразие управляющей системы больше разнообразия управляемой системы. Учитывая связь между разнообразием и управлением,

можно сказать, что чем больше мы имеем информации о системе, которой собираемся управлять, тем эффективнее будет этот процесс.

Значение кибернетики признано в разных сферах.

1. ФИЛОСОФСКОЕ значение, поскольку кибернетика дает новое представление о мире, основанное на роли связи, управления, информации, организованности, обратной связи, целесообразности, вероятности.

2. СОЦИАЛЬНОЕ значение, поскольку кибернетика дает новое представление об обществе как организованном целом. О пользе кибернетики для изучения общества немало было сказано уже в момент возникновения этой науки.

3. ОБЩЕНАУЧНОЕ значение в трех смыслах: во-первых, потому что кибернетика дает общенаучные понятия, которые оказываются важными в других областях науки — понятия управления, сложнодинамической системы и т.п.; во-вторых, потому что дает науке новые методы исследования: вероятностные, стохастические, моделирования на ЭВМ и т.д.; в-третьих, потому что на основе функционального подхода «сигнал—отклик» кибернетика формирует гипотезы о внутреннем составе и строении систем, которые затем могут быть проверены в процессе содержательного исследования. Например, в кибернетике выработано правило (впервые для технических систем), в соответствии с которым для того, чтобы найти ошибку в работе системы, необходима проверка работы трех одинаковых систем. По работе двух находят ошибку в третьей. Возможно так действует и мозг.

4. МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ значение кибернетики определяется тем обстоятельством, что изучение функционирования более простых технических систем используется для выдвижения гипотез о механизме работы качественно более сложных систем (живых организмов, мышления человека) с целью познания происходящих в них процессов — воспроизводства жизни, обучения и т.п. Подобное кибернетическое моделирование особенно важно в настоящее время во многих областях науки, поскольку отсутствуют математические теории процессов, протекающих в сложных системах и приходится ограничиваться их простыми моделями.

5. ТЕХНИЧЕСКОЕ значение кибернетики наиболее известное — создание на основе кибернетических принципов электронно-вычислительных машин, роботов, персональных компьютеров, породившее тенденцию кибернетизации и информатизации не только научного познания, но и всех сфер жизни.

ЭВМ и персональные компьютеры

Точно так же, как разнообразные машины и механизмы облегчают физический труд людей, ЭВМ и персональные компьютеры облегчают его умственный труд, заменяя человеческий мозг в его наиболее простых и рутинных функциях. ЭВМ действуют по принципу «да — нет», и этого оказалось достаточно для того, чтобы создать вычислительные машины, хотя и уступающие человеческому мозгу в гибкости, но превосходящие его по быстроте выполнения вычислительных операций. Аналогия между ЭВМ и мозгом человека дополняется тем, что ЭВМ как бы выполняет роль центральной нервной системы для устройств автоматического управления.

Введенное чуть позже в кибернетике понятие самообучающихся машин аналогично воспроизводству живых систем. И то, и другое есть созидание себя (в себе и в другом), возможное в отношении машин, как и живых систем. Обучение онтогенетически есть то же, что и самовоспроизводство филогенетически.

Как бы ни протекал процесс воспроизводства, «это — динамический процесс, включающий какие-то силы или их эквиваленты. Один из возможных способов представления этих сил состоит в том, чтобы поместить активный носитель специфики молекулы в частотном строении ее молекулярного излучения, значительная часть которого лежит, по-видимому, в области инфракрасных электромагнитных частот или даже ниже. Может оказаться, что специфические вещества вируса при некоторых обстоятельствах излучают инфракрасные колебания, которые обладают способностью содействовать формированию других молекул вируса из неопределенной магмы аминокислот и нуклеиновых кислот. Вполне возможно, что такое явление позволительно рассматривать как некоторое притягательное взаимодействие частот» (Н. Винер).

Такова гипотеза воспроизводства Винера, которая позволяет предложить единый механизм самовоспроизводства для живых и неживых систем.

Современные ЭВМ значительно превосходят те, которые появились на заре кибернетики. Еще 10 лет назад специалисты сомневались, что шахматный компьютер когда-нибудь сможет обыграть приличного шахматиста, но теперь он практически на равных сражается с чемпионом мира. Громадная скорость перебора вариантов (100 млн в секунду, против 2 вариантов в секунду у человека) остро ставит вопрос не только о возможностях ЭВМ, но и о том, что такое человеческий разум.

Два десятилетия назад предполагалось, что ЭВМ будут с годами все более мощными и массивными, но вопреки прогнозам крупнейших ученых были созданы персональные компьютеры, которые стали атрибутом нашей жизни. В перспективе нас ждет всеобщая компьютеризация и создание человекоподобных роботов.

Надо, впрочем, иметь в виду, что человек не только логически мыслящее существо, но и творческое, и эта способность — результат всей предшествующей эволюции. Если же будут построены не просто человекоподобные роботы, но и превосходящие его по разуму, то это повод не только для радости, но и для беспокойства, связанного как с роботизацией самого человека, так и с проблемой возможного «бунта машин», выхода их из-под контроля людей и даже порабощения ими человека. Конечно, в XX в. это не более, чем далекая от реальности фантастика.

Модели мира

Благодаря кибернетике и созданию ЭВМ одним из основных способов познания, наравне с наблюдением и экспериментом, стал метод моделирования. Применяемые модели становятся все более масштабными: от моделей функционирования предприятия и экономической отрасли до комплексных моделей управления биогеоценозами, эколого-экономических моделей рационального природопользования в пределах целых регионов, до глобальных моделей.

В 1972 г. на основе метода «системной динамики» Дж. Форрестера были построены первые так называемые **модели мира, нацеленные на выработку сценариев развития всего человечества в его взаимоотношении с биосферой.** Их недостатки заключались в чрезмерно высокой степени обобщения переменных, характеризующих протекающие процессы; отсутствии данных об особенностях и традициях различных культур и т.д. Однако это оказалось очень многообещающим направлением. Постепенно указанные недостатки преодолевались по мере создания последующих глобальных моделей, которые принимали все более конструктивный характер, ориентируясь на рассмотрение вопросов улучшения существующего эколого-экономического положения на планете.

М. Месаровичем и Э. Пестелем были построены глобальные модели на основе теории иерархических систем, а В. Леонтьевым — на основе разработанного им в экономике метода «затраты— выпуск». Дальнейший прогресс в глобальном моделировании ожидается на путях построения моделей, все более адекватных реальности, сочетающих в себе глобальный, региональные и локальные моменты.

Споры относительно эффективности применения кибернетических моделей в глобальных исследованиях не умолкают и поныне. Создатель метода системной динамики Дж. Форрестер выдвинул так называемый контринтуитивный принцип, в соответствии с которым сложные системы функционируют таким образом, что это принципиально противоречит человеческой интуиции, и таким образом машины могут дать более точный прогноз их поведения, чем человек. Другие исследователи считают, что «контринтуитивное поведение» свойственно тем системам, которые находятся в критической ситуации.

Трудности формализации многих важных данных, необходимых для построения глобальных моделей, а также ряд других моментов свидетельствуют о том, что значение машинного моделирования не следует абсолютизировать. Моделирование может принести наибольшую пользу в том случае, если будет сочетаться с другими видами исследований.

Простираясь на изучение все более сложных систем, метод моделирования становится необходимым средством как познания, так и преобразования действительности. В настоящее время можно говорить как об одной из основных о ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ моделирования, позволяющего оптимизировать сложные системы. Преобразовательная функция моделирования способствует уточнению целей и средств реконструкции реальности. Свойственная моделированию ТРАНСЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ способствует синтезу знаний — задаче, имеющей первостепенное значение на современном этапе изучения мира.

Прогресс в области моделирования следует ожидать не на пути противопоставления одних типов моделей другим, а на основе их синтеза. Универсальный характер моделирования на ЭВМ дает возможность синтеза самых разнообразных знаний, а свойственный моделированию на ЭВМ функциональный подход служит целям управления сложными системами.

Сложные системы в химии

На химию в XX в. возлагалось много надежд вплоть до провозглашения в СССР лозунга «Коммунизм — это советская власть плюс электрификация всей страны и химизация народного хозяйства». Повышение урожайности сельскохозяйственных культур благодаря применению минеральных удобрений и ядохимикатов дало возможность говорить о «зеленой революции», но это же привело к загрязнению почв и самих производимых продуктов, так что в боль-

шей цене оказались продукты, выращенные «без химии». В промышленности новые химические вещества дали возможность существенно обогатить производственный потенциал, но и это повлекло за собой отрицательные экологические последствия, так как большинство новых химических веществ не усваивалось природной средой и таким образом тоже становилось ее загрязнителями. Химия нашла широкое применение в быту, в частности, в косметике (появилось выражение «сделать химию»), что также имело свою обратную экологическую сторону.

Но в данном разделе нас интересует то, что химия со своей стороны подошла к изучению сложных систем. Выдающимся достижением химии явилось то, что она открыла так называемые цепные реакции еще до того, как в физике был обнаружен радиоактивный распад.

Суть цепной реакции Н.Н. Семенов описывает так: «Энергии кванта достаточно для того, чтобы двухатомная молекула хлора распалась на отдельные атомы. Каждый из них активнее первоначальной молекулы и потому легко вступает в реакцию с молекулой водорода. Она также двухатомна. Один из ее атомов вместе с атомом хлора дает молекулу продукта — хлористого водорода, а другой атом водорода остается свободен. Теперь он легко вступает в реакцию с ближайшей молекулой хлора, образуя вторую молекулу хлористого водорода и отдельный атом хлора... Это повторяется много-много раз, возникает как бы длинная цепь реакций».

Советскому ученому Н.Н.Семенову предстояло открыть РАЗВЕТВЛЕННЫЕ ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ: «Я уже сейчас не помню хорошо, когда у меня мелькнула догадка, что реакция окисления фосфора отличается от реакции хлора с водородом... Не помню, как мне пришла в голову главная мысль, что в ходе этой реакции образуются не обычные молекулы пятиокиси фосфора, а молекулы возбужденные— имеющие избыточную энергию, что и является причиной испускания света при соединении фосфора с кислородом. Но иногда возбужденная молекула пятиокиси фосфора может столкнуться с неактивной молекулой кислорода, еще не успев испустить свет. Тогда эта избыточная энергия вызывает расщепление кислородной молекулы на активные атомы, каждый из которых, в свою очередь, начинает боденштейновскую прямую цепь реакции окисления фосфорных паров».

Теория разветвленных цепных реакций дала начало новому направлению исследований — химической физике, дисциплине, промежуточной между физикой и химией.

Неравновесные системы

В химии были также открыты колебательные реакции, получившие название «химических часов». «Ведь, что, в самом деле, происходит? Основа колебательной реакции — наличие двух типов молекул, способных превращаться друг в друга. Назовем один из них А (красные молекулы), другой — В (синие). Мы привыкли думать, что химическая реакция — это хаотические, происходящие наобум столкновения частиц. По этой логике взаимные превращения А и В должны приводить к усредненному цвету раствора со случайными вспышками красного и синего. Но когда условия далеки от равновесных, происходит совершенно иное: раствор в целом становится красным, потом синим, потом снова красным. Получается, будто молекулы как бы устанавливают связь между собой на больших, макроскопических расстояниях через большие, макроскопические отрезки времени. Появляется нечто похожее на сигнал, по которому все А или все В реагируют разом... Такое поведение традиционно приписывалось только живому — теперь же ясно, что оно возможно и у систем сравнительно простых, неживых» (Н. Семенов).

Отличия неравновесной структуры от равновесной заключаются в следующем.

1. Система реагирует на внешние условия (гравитационное поле и т.п.)

2. Поведение случайно и не зависит от начальных условий, но зависит от предыстории.

3. Приток энергии создает в системе порядок, и стало быть энтропия ее уменьшается.

4. Наличие бифуркации — переломной точки в развитии системы.

5. Когерентность: система ведет себя как единое целое и как если бы она была вместилищем дальнодействующих сил (такая гипотеза присутствует в физике). Несмотря на то, что силы молекулярного взаимодействия являются короткодействующими (действуют на расстояниях порядка 10^{-8} см), система структурируется так, как если бы каждая молекула была «информирована» о состоянии системы в целом.

Различают также области равновесности и неравновесности, в которых может пребывать система. Ее поведение при этом существенно меняется, что можно представить в таблице.

Неравновесная область	Равновесная область
Система «адаптируется» к внешним условиям, изменяя свою структуру	Для перехода из одной структуры к другой требуются сильные возмущения или изменения граничных условий
Множественность стационарных состояний	Одно стационарное состояние
Чувствительнность к флуктуациям (небольшие влияния приводят к большим последствиям, внутренние флуктуации становятся большими)	Нечувствительность к флуктуациям
Неравномерность — источник порядка (все части действуют согласованно) и сложности	Молекулы ведут себя независимо друг от друга
Фундаментальная неопределенность поведения системы	Поведение системы определяют линейные зависимости

Будучи предоставлена самой себе, при отсутствии доступа энергии извне, система стремится к состоянию равновесия — наиболее вероятному состоянию, достигаемому при энтропии, равной нулю. Пример равновесной структуры — кристалл.

К такому равновесному состоянию в соответствии со вторым началом термодинамики приходят все ЗАКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ, т.е. системы, не получающие энергии извне. Противоположные по типу системы носят название ОТКРЫТЫХ.

Изучение неравновесных состояний позволяет придти к общим выводам относительно эволюции в неживой природе от хаоса к порядку.

Эволюция и её особенности

Понятие хаоса в противоположность понятию космоса было известно древним грекам. И. Пригожин и И. Стенгерс называют ХАОТИЧЕСКИМИ все системы, которые приводят к несводимому представлению в терминах вероятностей. Другими словами, такие системы нельзя описать однозначно детерминистично, т.е. зная состояние системы в данный момент, точно предсказать, что с ней будет в момент следующий.

«Экстраполяция динамического описания... имеет наглядный образ — демон, вымышленный Лапласом и обладающий способностью, восприняв в любой данный момент времени положение и скорость каждой частицы во Вселенной, прозревать ее эволюцию

как в будущем, так и в прошлом... В контексте классической динамики детерминистическое описание может быть недостижимым на ПРАКТИКЕ, тем не менее оно остается ПРЕДЕЛОМ, к которому должна сходиться последовательность все более точных описаний» — писали И. Пригожин и И. Стенгерс в книге «Порядок из хаоса».

Хаотическое поведение непредсказуемо в принципе. Необратимость, вероятность и случайность становятся объективными свойствами хаотических систем на макроуровне, а не только на микроуровне, как было установлено в квантовой механике.

По мысли этих же авторов, «...модели, рассмотрением которых занималась классическая физика, соответствуют, как мы сейчас понимаем, лишь предельным ситуациям. Их можно создать искусственно, поместив систему в ящик и подождав, пока она не придет в состояние равновесия. Искусственное может быть детерминированным и обратимым. Естественное же непременно содержит элементы случайности и необратимости... Материя — более не пассивная субстанция, описываемая в рамках механистической картины мира, ей также свойственна спонтанная активность».

В другой книге — «Время, хаос, квант» — И. Пригожин и И. Стенгерс писали: «Если устойчивые системы ассоциируются с понятием детерминистичного, симметричного времени, то неустойчивые хаотические системы ассоциируются с понятием вероятностного времени, подразумевающего нарушение симметрии между прошлым и будущим», т.е. «стрелу времени». «Будущее при нашем подходе перестает быть данным; оно не заложено более в настоящем. Это означает конец классического идеала всеведения. Мир процессов, в котором мы живем и который является частью нас, не может более отвергаться как видимость или иллюзия, определяемая нашим ограниченным способом наблюдения. На заре западного мира Аристотель ввел фундаментальное различие между божественным и вечным небесным миром и изменяющимся и непредсказуемым подлунным миром, к которому принадлежит и наша Земля. В определенном смысле классическая наука была низведением на Землю аристотелевского описания небес. Преобразование, свидетелями которого мы являемся сегодня, можно рассматривать как обращение аристотелевского хода; ныне мы возвращаемся с Земли на небо».

Эволюция должна удовлетворять трем требованиям: 1) необратимость, выражающаяся в нарушении симметрии между прошлым и будущим; 2) необходимость введения понятия «событие»; 3) не-

которые события должны обладать способностью изменять ход эволюции.

Условия формирования новых структур: 1) открытость системы; 2) ее нахождение вдали от равновесия; 3) наличие флуктуаций.

Чем сложнее система, тем более многочисленны типы флуктуаций, угрожающих ее устойчивости. Но в сложных системах существуют связи между различными частями. От исхода конкуренции между устойчивостью, обеспечивающейся связью, и неустойчивостью из-за флуктуаций, зависит порог устойчивости системы.

Превзойдя этот порог, система попадает в критическое состояние, называемое ТОЧКОЙ БИФУРКАЦИИ. В ней система становится неустойчивой относительно флуктуаций и может перейти к новой области устойчивости, т.е. к образованию нового вещества. Система как бы колеблется перед выбором одного из нескольких путей эволюции. Небольшая флуктуация может послужить в этой точке началом эволюции в совершенно новом направлении, изменением поведения системы. Это и есть событие.

В точке бифуркации случайность подталкивает то, что остается от системы, на новый путь развития, а после того, как один из многих возможных вариантов выбран, вновь вступает в силу детерминизм — и так до следующей точки бифуркации. В судьбе системы случайность и необходимость взаимно дополняют друг друга.

По мнению И. Пригожина и И. Стенгерс, большинство систем открыты— они обмениваются энергией или веществом, или информацией с окружающей средой. **Главенствующую роль в окружающем мире играют не порядок, стабильность и равновесие, а неустойчивость и неравномерность,** т.е. все системы непрестанно флуктуируют. В особой точке бифуркации флуктуация достигает такой силы, что организация системы не выдерживает и разрушается, и принципиально невозможно предсказать: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности, который они назвали ДИССИПАТИВНОЙ СТРУКТУРОЙ. Новые структуры называются диссипативными, потому что для их поддержания требуется больше энергии, чем для поддержания более простых структур, на смену которым они приходят.

Диссипативные структуры существуют лишь постольку, поскольку система диссипирует (рассеивает) энергию и, следовательно, производит энтропию. Из энергии возникает порядок с увеличением общей энтропии. Таким образом, энтропия— не просто безостановочное соскальзывание системы к состоянию, лишенному какой бы то ни было организации (как думали сторонники «тепловой смерти» Вселенной), а при определенных условиях становится прародительницей порядка.

«С одними и теми же граничными условиями оказываются совместимыми множество различных диссипативных структур. Это— следствие нелинейного характера сильно неравновесных ситуаций. Малые различия могут привести к крупномасштабным последствиям. Следовательно, граничные условия необходимы, но не достаточны для объяснения причин возникновения структуры. Необходимо также учитывать реальные процессы, приводящие к "выбору" одной из возможных структур. Именно поэтому (а также в силу некоторых других причин) мы и приписываем таким системам определенную "автономию", или "самоорганизацию"» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

Исследования, о которых только что говорилось, проводятся в рамках науки «синергетика».

От термодинамики закрытых систем к синергетике

Классическая термодинамика XIX в. изучала механическое действие теплоты, причем предметом ее исследований были закрытые системы, стремящиеся к состоянию равновесия. Термодинамика XX в. изучает открытые системы в состояниях, далеких от равновесия. Это направление и получило название синергетики (от «синергия» — сотрудничество, совместное действие).

Синергетика сформулировала принцип самодвижения в неживой природе, создания более сложных систем из более простых. С синергетикой в физику проник эволюционный подход, и наука приходит к пониманию творения как создания нового. Синергетика ввела случайность на макроскопический уровень, подтвердив тем самым выводы механики для микроскопического уровня. Синергетика подтвердила вывод теории относительности о взаимопревращении вещества и энергии и объясняет образование веществ. Она пытается ответить на вопрос, как образовались все те макросистемы, в которых мы живем.

С точки зрения синергетики, энергия как бы застывает в виде кристаллов, превращаясь из кинетической в потенциальную. Вещество — это застывшая энергия. Энергия — понятие, характеризующее способность производить работу, и не только механическую, но и работу по созиданию новых структур.

Энтропия — это форма выражения количества связанной энергии, которую имеет вещество. Энергия — творец, энтропия — мера творчества. Она характеризует результат.

Синергетика отвечает на вопрос, за счет чего происходит эволюция в природе. Везде, где создаются новые структуры, необходим приток энергии и обмен со средой (эволюция, как и жизнь, требует метаболизма). Если в эволюции небесных тел мы видим результат производства, то в синергетике изучается процесс творчества природы. Синергетика подтверждает вывод теории относительности: энергия творит более высокие уровни организации. Перефразируя Архимеда, можно сказать: «дайте мне энергию, и я создам мир».

Гипотеза рождения материи

Синергетика, которая сначала называлась термодинамикой открытых систем, изменила представление о мире. Мы говорили о моделях Вселенной и могли понимать, что Вселенная появилась после того, как некто «нажало на кнопку». Физика XX в. сначала изменила отношение к тому, что считать материей и как она соотносится с пространством и временем, а в конце XX в. по-новому взглянула на процесс развития. Развитие понимается в синергетике как процесс становления качественно нового, того, что еще не существовало в природе и предсказать которое невозможно.

На пороге XXI в. наука подошла к тому, чем всегда занималась мифология — к вопросу о происхождении мира и материи. Кибернетика решает проблему рождения разума, синергетика — проблему рождения материи. Механизм, который ею предлагается, — это спонтанная флуктуация, событие в точке бифуркации, экспоненциальный процесс до определенного момента.

Дуализм ньютоновской Вселенной (с одной стороны, пространство-время, с другой — материя) сменился эквивалентностью пространства-времени и материи в уравнениях Эйнштейна. «Предлагаемая нами модификация уравнений Эйнштейна, учитывающая рождение материи, выражает "неэквивалентность" материи и пространства-времени. В нашем варианте уравнения Эйнштейна устанавливают взаимосвязь не только между пространством-временем и материей, но и энтропией. Вводимый нами космологический механизм приводит к необратимому "разделению фаз" между материей и гравитацией. В первоначальном вакууме они смешаны, в существующей ныне Вселенной мы наблюдаем материю, переносчик гравитации, "плавающей" в пространстве-времени. Фундаментальная двойственность нашей Вселенной представляется нам сегодня результатом первичного всплеска энтропии» (И. Пригожин, И. Стенгерс). Причиной всплеска энтропии может быть распад чего-то высокоорганизованного, что заставляет вспомнить стоиков, Плотина и «Веды».

Основным понятием предстает понятие неустойчивости. Если что-то есть, то устойчивость невозможна. Возникает спонтанная флуктуация. Так из хаоса (неустойчивости) рождается космос. При спонтанной флуктуации поля начинается самопроизвольный процесс порождения частиц вплоть до какого-то момента, когда он прекращается. Частицы порождаются энергией по модели, сформулированной в синергетике.

Первые частицы, которые появились, были нестабильными элементарными частицами без массы покоя и с кратчайшим временем существования. Затем они превратились в стабильные, существующие поныне. Нестабильные частицы И. Пригожин отождествляет с черными мини-дырами, которые распадаются на обычную материю и излучение.

«Существует некоторая аналогия с переохлажденной жидкостью и порогом перехода в кристаллическое состояние. Мы можем наблюдать в переохлажденной жидкости флуктуации, приводящие к образованию крохотных кристаллов, которые то появляются, то снова растворяются. Но если образуется крупный кристалл, то происходит необратимое событие: кристаллизация всей жидкости... Аналогично, очень малая вероятность критической функции в вакууме Минковского указывает на то, что стрела времени уже существует в нем в латентной, потенциальной форме, но проявляется, только когда неустойчивость приводит к рождению Вселенной» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

В модели И. Пригожина имеет место производство энтропии, пропорциональное скорости рождения частиц. И преобразование пространства-времени производит энтропию. Причем сначала возникает пространство-время, а затем оно производит частицы, поскольку процесс производства пространства-времени из материи невозможен. Итак, последовательность рождения материи из вакуума:

Спонтанная флуктуация → Точка бифуркации →
Черные мини-дыры → Пространство-время → Частицы

Квантовый вакуум отличается от «ничто» тем, что имеет универсальные постоянные, которые могут служить аналогом всеединства. Тут вспоминаются и Абсолютная Идея Гегеля, и «мир идей», и «пустота» буддистов. Философских аналогов очень много.

Модель рождения материи Пригожина принадлежит к классу неустойчивых вероятностных систем. Конец рождения материи связан с временем жизни черных мини-дыр. Высшая цель данной «игрушечной модели» — построение «дарвиновской теории» элементарных частиц.

Какова судьба Вселенной, исходя из данной гипотезы Пригожина? «Стандартная модель предсказывает, что в конце концов наша Вселенная обречена на смерть либо в результате непрерывного расширения (тепловая смерть), либо в результате последующего сжатия ("страшный треск"). Для Вселенной, родившейся под знаком неустойчивости из вакуума Минковского, это уже не так. Ничто не мешает нам предположить возможность повторных неустойчивостей». Размеры Вселенной растут в модели Пригожина по экспоненте как следствие неустойчивости вакуума. В результате расширения Вселенной при нерождении материи Вселенная приближается к первоначальному состоянию вакуума. Потом возможна новая флуктуация.

«Эйнштейновская космология стала венцом достижений классического подхода к познаваемости... В стандартной модели материя задана: она эволюционирует только в соответствии с фазами расширения Вселенной. Но, как мы видели, неустойчивость возникает, стоит нам только учесть проблему рождения материи. Таким образом, особая точка Большого Взрыва заменяется рождением материи и кривизны пространства-времени. Эйнштейновское пространство-время, соответствующее искривленной Вселенной, при нашем подходе возникает как следствие необратимых процессов. Стрела времени становится принципиально важным элементом, лежащим в основе самих определений материи и пространства-времени. Однако наша модель не соответствует рождению стрелы времени из "ничего". Космологическая стрела времени уже предполагается неустойчивостью квантового вакуума» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

Наконец, еще один вопрос, который ставят авторы: можно ли создать единую теорию физики, или, как ее называют еще, «теорию всего»? «Если такая универсальная теория когда-нибудь будет сформулирована, она должна будет включать в себя динамическую неустойчивость и таким образом учитывать нарушение симметрии во времени, необратимость и вероятность. И тогда надежду на построение такой "теории всего", из которой можно было бы вывести полное описание физической реальности, придется оставить». Другими словами, нет знания, которое овладело бы универсальным ключом ко всем без исключения явлениям природы.

Вопросы для повторения

1. Какие системы называются простыми, а какие сложными?
2. Что изучает кибернетика?
3. Каково значение информации, слова?
4. Что такое положительная и отрицательная обратная связь?
5. Что такое функциональный подход и чем он отличается от вещественного и структурного?
6. Что такое «черный ящик» в кибернетике?
7. Каковы результаты исследований «моделей мира»?
8. Что такое цепные реакции?
9. Какие состояния называются равновесными и неравновесными?
10. Что изучает синергетика?
11. Чем отличаются закрытые системы от открытых?
12. Каково значение энергии, света?
13. Как соотносятся энергия и энтропия, информация и энтропия?
14. Каков механизм эволюции в соответствии с представлениями синергетики?
15. Что говорит модель Пригожина о рождении материи?
16. Почему нельзя создать «теорию всего»?

Литература к главе 6

1. *Винер Н.* Кибернетика. — М., 1968.
2. *Винер Н.* Я — математик. — М., 1967.
3. *Краткий* миг творчества. — М., 1989.
4. *Медоуз Д.* и др. Пределы роста. — М., 1991.
5. *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. — М., 1994.
6. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. — М., 1986.
7. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. — М., 1959.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Как соотносятся законы сохранения и законы эволюции?
2. Чем простая система отличается от сложной?
3. Чем устойчивая система отличается от неустойчивой?

4. Что такое парадокс времени и космологический парадокс?
5. Что такое стрела времени?
6. Что такое точка бифуркации?
7. Каково значение универсальной синергетической схемы развития?
8. В чем сходство и отличия эволюции неживых и живых тел?
9. Где и как образуются и превращаются друг в друга химические элементы?
10. Чем отличается химический элемент от элементарной частицы?
11. Какова роль вероятностных методов в классической термодинамике, квантовой механике, синергетике? Какова роль случайности?
12. Какова роль времени в теории относительности и синергетике?
13. Может ли машина мыслить?
14. Каково донаучное, научное и теологическое понимание целесообразности?
15. Есть ли цель у камня, животного, компьютера, человека, эволюции?
16. В чем разница между теологией и телеологией?
17. В чем разница между целесообразной деятельностью человека и животных?
18. В чем критерий целесообразности с научной точки зрения?
19. Каково соотношение закона развития и целесообразности?
20. Что представляют собой целесообразные системы?
21. Солнце всходит и заходит целесообразно?
22. Каково сходство и различие между созданными моделями мира?
23. Что такое объективная и субъективная информация?
24. Что такое прямая и обратная связь?
25. Что такое положительная и отрицательная обратная связь?
26. Что такое гомеостат, черный ящик, функция и функциональный подход?

27. Что такое организация и самоорганизация?
28. Что такое Интернет?
29. Почему будущее общество предлагают назвать информационным?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Нельзя не отметить принципиальное концептуальное различие между физикой и химией. В классической физике мы можем представлять себе обратимые процессы, такие, как движения маятника без трения. Пренебрежение необратимыми процессами в динамике всегда соответствует идеализации, но по крайней мере в некоторых случаях эта идеализация разумна. В химии все обстоит совершенно иначе. Процессы, изучением которых она занимается (химические превращения, характеризуемые скоростями реакций), необратимы. По этой причине химию невозможно свести к лежащей в основе классической или квантовой механики идеализации, в которой прошлое и будущее играют эквивалентные роли» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«По свидетельству Мишеля Серра, древние атомисты уделяли турбулентному течению столь большое внимание, что турбулентность с полным основанием можно считать основным источником вдохновения физики Лукреция. Иногда, писал Лукреций, в самое неопределенное время и в самых неожиданных местах вечное и всеобщее падение атомов испытывает слабое отклонение — "клинамен". Возникающий вихрь дает начало миру, всем вещам в природе. "Клинамен", спонтанное непредсказуемое отклонение, нередко подвергали критике как одно из наиболее уязвимых мест в физике Лукреция, как нечто, введенное ad hoc. В действительности же верно обратное: "клинамен" представляет собой попытку объяснить такие явления, как потеря устойчивости ламинарным течением и его спонтанный переход в турбулентное течение. Современные специалисты по гидродинамике проверяют устойчивость течения жидкости, вводя возмущение, выражающее влияние молекулярного хаоса, который накладывается на среднее течение. Не так уж далеко мы ушли от "клинамена" Лукреция!» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

III. Изобразите на доске таблицу.

Схема развития неживой природы



Глава 7. СОВРЕМЕННАЯ БИОЛОГИЯ

Одним из наиболее трудных и в то же время интересных в современном естествознании является вопрос о происхождении жизни. Он труден потому, что когда наука подходит к проблемам развития как создания качественного нового, она оказывается у предела своих возможностей как отрасли культуры, основанной на доказательстве и экспериментальной проверке утверждений.

Ученые сегодня не в состоянии воспроизвести процесс возникновения жизни с такой же точностью, как это было несколько миллиардов лет назад. Даже наиболее тщательно поставленный опыт будет лишь модельным экспериментом, лишенным ряда факторов, сопровождавших появление живого на Земле. Трудность методологическая — в невозможности проведения прямого эксперимента по возникновению жизни (уникальность этого процесса препятствует использованию основного научного метода).

Вопрос о происхождении жизни интересен не только сам по себе, но и тесной связью с проблемой отличия живого от неживого, а также связью с проблемой эволюции жизни. В чем сущность живого? Как и насколько механизмы эволюции действовали при зарождении жизни?

Отличие живого от неживого

Итак, что такое живое и чем оно отличается от неживого. Есть несколько фундаментальных отличий в вещественном, структурном и функциональном планах. В вещественном плане в состав живого обязательно входят высокоупорядоченные макромолекулярные органические соединения, называемые биополимерами, — белки и нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). В структурном плане живое отличается от неживого клеточным строением. В функциональном плане для живых тел характерно воспроизводство самих себя. Устойчивость и воспроизведение есть и в неживых системах. Но в живых телах имеет место процесс самовоспроизведения. Не что-то воспроизводит их, а они сами. Это принципиально новый момент.

Также живые тела отличаются от неживых наличием обмена веществ, способностью к росту и развитию, активной регуляцией своего состава и функций, способностью к движению, раздражимостью, приспособленностью к среде и т.д. Неотъемлемым свойством живого является деятельность, активность. Все живые существа должны или действовать, или погибнуть.

Однако строго научное разграничение живого и неживого встречает определенные трудности. Имеются как бы переходные формы от нежизни к жизни. Так, например, вирусы вне клеток другого организма не обладают ни одним из атрибутов живого. У них есть наследственный аппарат, но отсутствуют основные необходимые для обмена веществ ферменты, и поэтому они могут расти и размножаться, лишь проникая в клетки организма-хозяина и используя его ферментные системы. В зависимости от того, какой признак мы считаем самым важным, мы относим вирусы к живым системам или нет.

Концепции возникновения жизни

Существует пять концепций возникновения жизни:

креационизм — божественное сотворение живого;

концепция многократного самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества (ее придерживался еще Аристотель, который считал, что живое может возникать и в результате разложения почвы);

концепция стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда;

концепция панспермии — внеземного происхождения жизни;

концепция происхождения жизни на Земле в историческом прошлом в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

Первая концепция является религиозной и к науке прямого отношения не имеет. Вторую опроверг изучающий деятельность бактерий французский микробиолог XIX в. Луи Пастер (знакомый нам по слову "пастеризация"). Третья из-за своей оригинальности и умозрительности всегда имела немного сторонников.

К началу XX в. в науке господствовали две последние концепции. Концепция панспермии, согласно которой жизнь была занесена на Землю извне, опиралась на обнаружение при изучении метеоритов и комет «предшественников живого» — органических соединений, которые, возможно, сыграли роль «семян».

У концепции появления жизни на Земле в историческом прошлом два варианта. Согласно одному, происхождение жизни — результат случайного образования единичной «живой молекулы», в строении которой был заложен весь план дальнейшего развития живого. Французский биолог Ж. Моно пишет, что «жизнь не следует из законов физики, но совместима с ними. Жизнь — событие, исключительность которого необходимо сознавать». Согласно другой точке зрения, происхождение жизни — результат закономерной эволюции материи.

Вещественная основа жизни

XX в. привел к созданию первых научных моделей происхождения жизни. В 1924 г. в книге Александра Ивановича Опарина «Происхождение жизни» была впервые сформулирована естественнонаучная концепция, согласно которой возникновение жизни — результат длительной эволюции на Земле, сначала химической, затем биохимической. Эта концепция получила наибольшее признание в научной среде.

Можно выделить следующие этапы развития живых систем, начиная с самых простейших и затем идя по пути постепенного усложнения. В вещественном плане для становления жизни нужен прежде всего углерод. Жизнь на Земле основана на этом элементе, хотя в принципе можно предположить существование жизни и на кремниевой основе. Возможно, где-то во Вселенной существует и «кремниевая цивилизация», но на Земле основой жизни является углерод.

Чем это обусловлено? Атомы углерода вырабатываются в недрах больших звезд в необходимом для образования жизни количестве. Углерод способен создавать разнообразные (несколько десятков миллионов) подвижные, низкоэлектропроводные, студенистые, насыщенные водой, длинные скрученные цепеобразные структуры. Соединения углерода с водородом, кислородом, азотом, фосфором, серой, железом обладают замечательными каталитическими, строительными, энергетическими, информационными и иными свойствами.

Кислород, водород и азот наряду с углеродом можно отнести к «кирпичикам» живого. Клетка состоит на 70% из кислорода, 17% — углерода, 10% — водорода, 3% — азота. Все кирпичики живого принадлежат к наиболее устойчивым и распространенным во Вселенной химическим элементам. Они легко соединяются между собой, вступают в реакции и обладают малым атомным весом. Их соединения легко растворяются в воде.

По радиоастрономическим данным органические вещества возникали не только до появления жизни, но и до формирования нашей планеты. Следовательно, органические вещества абиогенного происхождения присутствовали на Земле уже при ее образовании.

При образовании Земли из космической пыли (частиц железа и силикатов — веществ, в состав которых входит кремний) и газа весьма вероятно, что на внешних участках Солнечной системы газы могли конденсироваться. Органические соединения могли синтезироваться и на поверхности пылинок.

Химические и палеонтологические исследования древнейших докембрийских отложений и особенно многочисленные модельные эксперименты, воспроизводящие условия, которые господствовали на поверхности первобытной Земли, позволяют понять, как в этих условиях происходило образование все более сложных органических веществ.

Жизнь возможна только при определенных физических и химических условиях (температура, присутствие воды, солей и т.д.). Прекращение жизненных процессов, например, при высушивании семян или глубоком замораживании мелких организмов, не ведет к потере жизнеспособности. Если структура сохраняется неповрежденной, то она при возвращении к нормальным условиям обеспечивает восстановление жизненных процессов.

Также и для возникновения жизни нужны определенные диапазоны температуры, влажности, давления, уровня радиации, определенная направленность развития Вселенной и время. Взаимное удаление галактик приводит к тому, что их электромагнитное излучение приходит к нам сильно ослабленным. Если бы галактики сближались, то плотность радиации во Вселенной была бы столь велика, что жизнь не могла бы существовать. Углерод синтезирован в звездах-гигантах несколько миллиардов лет назад. Если бы возраст Вселенной был меньше, то жизнь также не могла бы возникнуть. Планеты должны иметь определенную массу для того, чтобы удержать атмосферу.

Земля в период возникновения жизни

Наша планета — «золотая середина» в Солнечной системе, которая наиболее подходит для зарождения жизни. Возраст Земли около 5 млрд лет. Температура поверхности в начальный период была 4000–8000 °С и по мере того как Земля остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовали земную кору. Атмосфера была совершенно иной. Легкие газы — водород, гелий, азот, кислород — уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей еще недостаточно плотной планеты не могло их удержать. Однако простые соединения, содержащие эти элементы, удерживались.

Первичная атмосфера содержала водород и соединения углерода (метан) и азота (аммиак). Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, необходимым условием возникновения жизни: лабораторные опыты показывают, что органические вещества гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в атмосфере, богатой кислородом. О том, что атмосфера была именно такой, свидетельствуют самые древние горные породы на Земле.

Существуют разные точки зрения на проблему жизни на Земле. По мнению В.И. Вернадского, жизнь появилась одновременно с образованием Земли. А.И. Опарин считал, что периоду развития жизни предшествовал длительный период химической эволюции Земли, во время которого (3–5 млрд лет тому назад) образовались сложные органические вещества и протоклетки. Возникновение протоклетки положило начало биохимической эволюции.

Известны три способа синтеза природных органических веществ. Содержащие углерод и азот вещества могли возникать в расплавленных глубинах Земли и выноситься на поверхность при вулканической деятельности, попадая далее в океан.

А.И. Опарин полагал, что органические вещества могли создаваться и 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. Разнообразие находящихся в океанах простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь.

Наконец, органические соединения могли образоваться во Вселенной из неорганического космического «сырья».

Для построения любого сложного органического соединения, входящего в состав живых тел, нужен небольшой набор блоков-мономеров (низкомолекулярных соединений): 29 мономеров (из них 20 аминокислот, 5 азотистых оснований) описывают биохимическое строение любого живого организма. Оно состоит из аминокислот (из которых построены все белки), азотистых соединений (составные части нуклеиновых кислот), глюкозы — источника энергии, жиров — структурного материала, идущего на построение в клетке мембран и запасающего энергию.

После того, как углеродистые соединения образовали «первичный бульон», могли уже организовываться биополимеры — белки

и нуклеиновые кислоты, обладающие свойством самовоспроизводства себе подобных. Необходимая концентрация веществ для образования биополимеров могла возникнуть в результате осаждения органических соединений на минеральных частицах, например, на глине или гидроокиси железа, образующих ил прогреваемого Солнцем мелководья. Кроме того, органические вещества могли образовать на поверхности океана тонкую пленку, которую ветер и волны гнали к берегу, где она собиралась в толстые слои. В химии известен также процесс объединения родственных молекул в разбавленных растворах.

В начальный период формирования Земли воды, пропитывающие земной грунт, непрерывно перемещали растворенные в них вещества из мест их образования в места накопления. Там формировались пробионты — системы органических веществ, способных взаимодействовать с окружающей средой, т.е. расти и развиваться за счет поглощения из окружающей среды разнообразных богатых энергией веществ.

Здесь же возможен примитивный «отбор», ведущий к постепенному усложнению и упорядоченности как обеспечивающих преимущество в выживании. Механизм отбора действовал на самых ранних стадиях зарождения органических веществ — из множества образующихся веществ сохранялись устойчивые к дальнейшему усложнению.

Затем образуются микросферы — шаровидные тела, возникающие при растворении и конденсации абиогенно полученных белковоподобных веществ.

В подтверждение возможности абиогенного синтеза были проведены следующие опыты. Воздействуя на смесь газов электрическими зарядами, имитирующими молнию, и ультрафиолетовым излучением, ученые получали сложные органические вещества, входящие в состав живых белков. Органические соединения, играющие большую роль в обмене веществ, были искусственно получены при облучении водных растворов углекислоты. Американский ученый С. Миллер в 1953 г. синтезировал ряд аминокислот при пропускании электрического заряда через смесь газов, предположительно составлявших первичную земную атмосферу. Были синтезированы и простые нуклеиновые кислоты. Этими экспериментами было доказано, что абиогенное образование органических соединений во Вселенной могло происходить в результате воздействия тепловой энергии, ионизирующего и ультрафиолетового излучений и электрических разрядов. Первичным источником этих

форм энергии служат термоядерные процессы, протекающие в недрах Земли.

Как показывает синергетика, энергия имела для возникновения жизни не меньшее значение, чем вещество. Разумно предположить, считает И. Пригожин, что некоторые из первых стадий эволюции жизни были связаны с возникновением механизмов, способных поглощать и трансформировать химическую энергию, как бы выталкивая систему в сильно неравновесные условия. Неравновесные структуры — переход к живому, но еще нет воспроизводства. Итак, в образовании органических соединений большую роль играло не только вещество космического пространства, но и энергия звезд.

Начало жизни на Земле

Начало жизни на Земле — появление нуклеиновых кислот, способных к воспроизводству белков. Переход от сложных органических веществ к простым живым организмам пока неясен. Теория биохимической эволюции предлагает лишь общую схему. В соответствии с ней на границе между коацерватами — сгустками органических веществ — могли выстраиваться молекулы сложных углеводородов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивающей коацерватам стабильность. В результате включения в коацерват молекулы, способной к самовоспроизведению, могла возникнуть примитивная клетка, способная к росту.

Самое трудное для этой гипотезы — объяснить способность живых систем к самовоспроизведению, т.е. сам переход от сложных неживых систем к простым живым организмам. Несомненно, в модели происхождения жизни будут включаться новые знания, и они будут все более обоснованными. Но повторимся, что чем более качественно новое отличается от старого, тем труднее объяснить его возникновение. Поэтому здесь и говорят о моделях и гипотезах, а не о теориях.

Так или иначе, следующим шагом в организации живого должно было быть образование мембран, которые отграничивали смеси органических веществ от окружающей среды. С их появлением и получается клетка — «единица жизни», главное структурное отличие живого от неживого. Все основные процессы, определяющие поведение живого организма, протекают в клетках. Тысячи химических реакций происходят одновременно для того, чтобы клетка могла получить необходимые питательные вещества, синтезировать специальные биомолекулы и удалить отходы. Огромное значение для биологических процессов в клетке имеют ферменты. Они

обладают часто высокой специализированностью и могут влиять только на одну реакцию. Принцип их действия в том, что молекулы других веществ стремятся присоединиться к активным участкам молекулы фермента. Тем самым повышается вероятность их столкновения, а, следовательно, скорость химической реакции.

Синтез белка осуществляется в цитоплазме клетки. Почти в каждой из клеток человека синтезируется свыше 10000 разных белков. Величина клеток — от микрометра до более 1 м (у нервных клеток, имеющих отростки). Клетки могут быть дифференцированными (нервные, мышечные и т.д.) Большинство из них обладает способностью восстанавливаться, но некоторые, например, нервные — нет или почти нет.

Эволюция форм жизни

Клетки без ядра, но имеющие нити ДНК, напоминают нынешние бактерии и сине-зеленые водоросли. Возраст таких самых древних организмов около 3 млрд лет. Их свойства разнообразны: подвижность, питание и способность запасать пищу и энергию, защита от нежелательных воздействий, размножение, раздражимость, приспособление к изменяющимся внешним условиям, способность к росту.

На следующем этапе (приблизительно 2 млрд лет тому назад) в клетке появляется ядро. Одноклеточные организмы с ядром называются простейшими. Их 25–30 тыс. видов. Самые простые из них — амебы. Инфузории имеют еще и реснички. Ядро простейших окружено двухмембранной оболочкой с порами и содержит хромосомы и нуклеоли. Ископаемые простейшие — радиолярии и фораминиферы — основные части осадочных горных пород. Многие простейшие обладают сложным двигательным аппаратом.

Примерно 1 млрд лет тому назад появились первые многоклеточные организмы, и произошел выбор растительного или животного образа жизни. Первый важный результат растительной деятельности — фотосинтез — создание органического вещества из углекислоты и воды при использовании солнечной энергии, улавливаемой хлорофиллом. Продукт фотосинтеза— кислород в атмосфере.

Возникновение и распространение растительности привело к коренному изменению состава атмосферы, первоначально имевшей очень мало свободного кислорода. Растения, ассимилирующие углерод из углекислого газа, создали атмосферу, содержащую свободный кислород — не только активный химический агент, но и источник озона, преградившего путь коротким ультрафиолетовым лучам к поверхности Земли.

Веками накапливавшиеся остатки растений образовали в земной коре грандиозные энергетические запасы органических соединений (уголь, торф), а развитие жизни в Мировом океане привело к созданию осадочных горных пород, состоящих из скелетов и других остатков морских организмов.

К важным свойствам живых систем относятся:

1. Компактность. В 5×10^{-15} г ДНК, содержащейся в оплодотворенной яйцеклетке кита, заключена информация для подавляющего большинства признаков животного, которое весит 5×10^{7} г (масса возрастает на 22 порядка).

2. Способность создавать порядок из хаотического теплового движения молекул и тем самым противодействовать возрастанию энтропии. Живое потребляет отрицательную энтропию и работает против теплового равновесия, увеличивая, однако, энтропию окружающей среды. Чем более сложно устроено живое вещество, тем более в нем скрытой энергии и энтропии.

3. Обмен с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Живое способно ассимилировать полученные извне вещества, т.е. перестраивать их, уподобляя собственным материальным структурам и за счет этого многократно воспроизводить их.

4. В метаболических функциях большую роль играют петли обратной связи, образующиеся при автокаталитических реакциях. И. Пригожин, И. Стенгерс в книге «Порядок из хаоса» писали: «В то время как в неорганическом мире обратная связь между "следствиями" (конечными продуктами) нелинейных реакций и породившими их "причинами" встречается сравнительно редко, в живых системах обратная связь (как установлено молекулярной биологией), напротив, является скорее правилом, чем исключением». Автокатализ, кросс-катализ и автоингибиция (процесс, противоположный катализу— если присутствует данное вещество, оно не образуется в ходе реакции) имеет место в живых системах. Для создания новых структур нужна положительная обратная связь, для устойчивого существования — отрицательная обратная связь.

5. Жизнь качественно превосходит другие формы существования материи в плане многообразия и сложности химических компонентов и динамики протекающих в живом превращений. Живые системы характеризуются гораздо более высоким уровнем упорядоченности и асимметрии в пространстве и времени. Структурная компактность и энергетическая экономичность живого — результат высочайшей упорядоченности на молекулярном уровне.

6. В самоорганизации неживых систем молекулы просты, а механизмы реакций сложны; в самоорганизации живых систем, напротив, схемы реакций просты, а молекулы сложны.

7. У живых систем есть прошлое, у неживых его нет. «Целостные структуры атомной физики состоят из определенного числа элементарных ячеек, атомного ядра и электронов и не обнаруживают никакого изменения во времени, разве что испытывают нарушение извне. В случае такого внешнего нарушения они, правда, как-то реагируют на него, но если нарушение было не слишком большим, они по прекращению его снова возвращаются в исходное положение. Но организмы— не статические образования. Древнее сравнение живого существа с пламенем говорит о том, что живые организмы, подобно пламени, представляют собой такую форму, через которую материя в известном смысле проходит как поток» (В. Гейзенберг).

8. Жизнь организма зависит от двух факторов — наследственности, определяемой генетическим аппаратом, и изменчивости, зависящей от условий окружающей среды и реакции на них индивида. Интересно, что сейчас жизнь на Земле не могла бы возникнуть из-за кислородной атмосферы и противодействия других организмов. Раз зародившись, жизнь находится в процессе постоянной эволюции.

9. Способность к избыточному самовоспроизводству. «Прогрессия размножения, столь высокая, что она ведет к борьбе за жизнь и ее последствию — естественному отбору» (Ч. Дарвин).

Значение клетки

Переходя от проблемы происхождения жизни к проблеме строения живого, отметим, что научное значение в этой области в большей степени достоверно за счет успехов, достигнутых новой наукой — молекулярной биологией. Можно сказать, что примерно в середине столетия произошла научная революция в биологии, вторая в нашем веке после научной революции в физике, и благодаря ей биология выбилась в лидеры «соревнования» между науками.

Во второй половине XX в. были выяснены вещественный состав, структура клетки и процессы, происходящие в ней. «Клетка — это своего рода атом в биологии. Точно так же, как разные химические соединения сложены из атомов, так и живые организмы состоят из огромных скоплений клеток. Из работ физиков мы знаем, что все атомы очень похожи друг на друга: в центре каждого атома находится массивное, положительно заряженное ядро, а вокруг него вращается облако электронов — это как бы солнечная

система в миниатюре! Клетки, подобно атомам, также очень сходны друг с другом. Каждая клетка содержит в середине плотное образование, названное ЯДРОМ, которое плавает в "полужидкой" ЦИТОПЛАЗМЕ. Все вместе заключено в КЛЕТОЧНУЮ МЕМБРАНУ» (Дж. Кендрью. Нить жизни).

Основное вещество клетки — белки, молекулы которых обычно содержат несколько сот аминокислот и похожи на бусы или браслеты с брелоками, состоящими из главной и боковой цепей. У всех живых видов имеются свои особые белки, определяемые генетическим аппаратом. Собственно, клетка и нужна для аппарата воспроизводства, который находится в ее ядре. Без клетки генетический аппарат не мог бы существовать.

Если же случится так, что в клетку попадут вредные для организма бактерии и другие инородные тела, то с ними вступает в бой иммунная система— блуждающие клетки, которые у низших животных играют роль пищеварительных органов, а у высших животных, в том числе у человека, их значение заключается именно в защите специфического строения данного организма (теория иммунитета разработана русским ученым И.И. Мечниковым).

О размерах клетки о содержания в ней веществ свидетельствует такая аналогия, предложенная Дж. Кендрью: «Представьте себе, что мы увеличим человека до размеров Великобритании. Тогда одна его клетка будет примерно такой же величины, как фабричное здание. Внутри клетки находятся большие молекулы, содержащие тысячи атомов, в том числе молекулы нуклеиновой кислоты. Так вот, даже при этом огромном увеличении, которое мы себе вообразили, молекулы нуклеиновой кислоты будут тоньше электрических проводов».

Сопоставление клетки с фабрикой не случайно. «Любой живой организм можно уподобить гигантской фабрике, на которой производится множество разнообразных химических продуктов; на ней производится и энергия, приводящая в движение всю фабрику. Более того, она может воспроизводить самое себя (что для обычных фабрик совершенно невозможно!). И если теперь вспомнить, насколько сложны все эти производственные процессы, то станет ясно, что весь сложный комплекс операций, производимых на фабрике, нельзя вести как попало, без должной организации, без подразделения на цеха, внутри которых установлены рядами станки и машины, и т.д. Иными словами, для того чтобы в живом организме все процессы протекали согласованно, необходима какая-то определенная организация составляющих его структур».

Ученые выясняют, как работает эта фабрика и каков механизм ее воспроизводства.

Попадающие в организм белки расщепляются на аминокислоты, которые затем используются им для построения собственных белков. Нуклеиновые кислоты создают ферменты, управляющие реакциями. Например, для одного процесса брожения нужна дюжина ферментов, каждый из которых управляет одной реакцией и действует только на строго определенный вид молекул. Все ферменты — белки. Фермент похож на дирижера, который играет всегда со своим оркестром. В каждой клетке несколько тысяч «дирижеров»-ферментов. Это станки и машины «фабрики».

В качестве примера процессов, проходящих в клетках и тканях организма, рассмотрим роль ГЕМОГЛОБИНА — глобулярного белка красных кровяных клеток — эритроцитов, цепи которого свернуты в сферу. По словам Дж. Кендрью, «...присутствием гемоглобина обусловлен красный цвет крови. Функция этого белка состоит в том, чтобы переносить кислород из легких к тканям. Гемоглобин обладает замечательной способностью связывать молекулярный кислород. Точнее говоря, одна молекула гемоглобина может связать одновременно четыре молекулы кислорода. В легких, где давление кислорода выше, происходит присоединение молекул кислорода к гемоглобину. Гемоглобин доставляет их к тканям, но там давление ниже, и кислород освобождается. Далее происходит диффузия кислорода внутрь клеток. В клетке молекулы кислорода встречаются с другим белком — МИОГЛОБИНОМ... Миоглобин — это как бы младший брат гемоглобина; его молекула в четыре раза меньше и способна связать не четыре, а только одну молекулу кислорода. Миоглобин тоже красный; этим объясняется красный цвет мяса. Молекулы кислорода переходят от гемоглобина к миоглобину, где и хранятся до тех пор, пока не потребуется клетке».

Молекулярная биология, изучающая биологические процессы на молекулярном уровне — один из наиболее ярких примеров конвергенции двух наук — физики и биологии.

Воспроизводство жизни

Три самых важных составляющих процесса развития организма:

ОПЛОДОТВОРЕНИЕ (слияние половых клеток) при половом размножении;

ВОСПРОИЗВОДСТВО в клетке по данной матрице определенных веществ и структур;

ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК, в результате которого организм растет из одной оплодотворенной яйцеклетки.

Существуют два способа деления клеток. Митоз — это такое деление клеточного ядра, при котором образуются два дочерних ядра с наборами хромосом (части ядер клеток), идентичными наборам родительской клетки. Мейоз — это деление клеточного ядра с образованием четырех дочерних ядер, каждое из которых содержит вдвое меньше хромосом, чем исходное ядро. Первый способ характерен для всех клеток, кроме половых, второй — для половых клеток. При всех формах клеточного деления ДНК каждой хромосомы реплицируется.

Воспроизводство себе подобных и наследование признаков осуществляется с помощью наследственной информации, материальным носителем которой являются молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты. ДНК состоит из двух цепей, идущих в противоположных направлениях и закрученных одна вокруг другой наподобие электрических проводов (напоминает винтовую лестницу).

В клетке человека ДНК распределена на 23 пары хромосом и содержит около 1 млрд пар оснований; длина ее около 1 м. Если составить цепочку из ДНК всех клеток одного человека, то она сможет протянуться через всю Солнечную систему.

Носители информации — нуклеиновые кислоты — содержат азот и выполняют три функции: САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ; ХРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ; РЕАЛИЗАЦИЯ ЭТОЙ ИНФОРМАЦИИ в процессе роста новых клеток. Мономеры нуклеиновых кислот несут информацию, по которой строятся аминокислоты (каждой аминокислоте, входящей в белок, соответствует определенный набор из трех мономеров НК — так называемый триплет). Генетическая информация, содержащаяся в нуклеиновых кислотах, проявляется в образовании ферментов, которые делают возможным строение живого тела.

Реализация многообразной информации о свойствах организма осуществляется путем синтеза различных белков согласно генетическому коду. Сходство и различие тел определяется набором белков. Чем ближе организмы друг к другу, тем более сходны их белки.

Молекулы ДНК — это как бы набор, с которого «печатается» организм в типографии Вселенной. Участок молекулы ДНК, служащий матрицей для синтеза одного белка, называют геном (знаменитая гипотеза «один ген — один фермент»). Гены расположены в хромосомах.

Процесс воспроизводства состоит из трех частей, называющихся тремя ключевыми словами: репликация, транскрипция, трансля-

ция. РЕПЛИКАЦИЯ — это удвоение молекулы ДНК, необходимое для последующего деления клеток. В основе способности клеток к самовоспроизведению лежат уникальное свойство ДНК самокопироваться и строго равноценное деление репродуцированных хромосом. После этого клетка может делиться на две идентичные.

Как происходит репликация? ДНК распределяется на две цепи, а затем из нуклеотидов, свободно плавающих в клетке, формируется вдоль каждой цепи еще одна цепь. Этот процесс можно сравнить с печатанием фотокарточек. Так как каждая клетка многоклеточного организма возникает из одной зародышевой клетки в результате многократных делений, все клетки организма имеют одинаковый набор генов.

Вторая часть процесса воспроизводства — ТРАНСКРИПЦИЯ — представляет собой перенос кода ДНК путем образования одноцепочечной молекулы информационной РНК на одной нити ДНК (информационная РНК — копия части молекулы ДНК, одного или группы рядом лежащих генов, несущих информацию о структуре белков, необходимых для выполнения одной функции).

РНК отличается от ДНК тем, что вместо дезоксирибозы содержит рибозу (речь идет об одной гидроксильной группе ОН каждого сахарного кольца), а вместо азотистого основания тимина содержит урацил.

Третья часть процесса воспроизводства — ТРАНСЛЯЦИЯ — это синтез белка на основе генетического кода информационной РНК в особых частях клетки — рибосомах, куда доставляет аминокислоты транспортная РНК.

Основной механизм, с помощью которого молекулярная биология объясняет передачу генетической информации, по существу, является петлей обратной связи. ДНК, содержащая в линейно упорядоченном виде всю информацию, необходимую для синтеза различных протеинов (без которых невозможно строительство и функционирование клетки), участвует в последовательности реакций, в ходе которых вся информация кодируется в виде определенной последовательности различных протеинов. Некоторые ферменты осуществляют обратную связь среди синтезированных протеинов, активируя и регулируя не только различные стадии превращений, но и автокаталитический процесс репликации ДНК, позволяющий копировать генетическую информацию с такой же скоростью, с какой размножаются клетки.

Как показали исследования последних десятилетий, петли положительной обратной связи (вместе с отрицательной обратной связью и более сложными процессами взаимного катализа) составляют самую основу жизни. Именно такие процессы позволяют объяснить, каким образом совершается переход от крохотных комочков ДНК к сложным живым организмам.

Интересен вопрос о том, как получаются именно разные белки и клетки. Французскими учеными Ф. Жакобом и Ж. Моно предложена следующая гипотеза. Ген-регулятор производит молекулу-репрессор. Она выключает, когда нужно, оператор, который размещается на одном конце оперона — группы генов, и в результате данные ферменты не производятся.

Генетика

Генетика прошла в своем развитии семь этапов.

Этап I. Грегор Мендель (1822—1884) открыл законы наследственности. Скрещивая гладкий и морщинистый сорта гороха, он получил в первом поколении только гладкие семена, а во втором поколении — 1/4 морщинистых семян. Он догадался: в зародышевую клетку поступают два наследственных задатка — от каждого из родителей. Если они не одинаковые, то у гибрида проявляется один доминантный (преобладающий) признак — гладкость. Рецессивный (уступающий) остается как бы в скрытом состоянии. В следующем поколении признаки распределятся в соотношении 3:1.

«Когда австрийский монах Грегор Мендель развлекался наблюдением результатов скрещивания красно- и белоцветущего гороха в монастырском саду, даже наиболее дальновидные его современники не могли вообразить себе всех последствий его находок», — справедливо пишет Г. Селье в книге «От мечты к открытию». Результаты исследований Менделя, опубликованные в 1865 г., не обратили на себя никакого внимания и были «переоткрыты» только после 1900 г.

Этап II. Август Вейсман (1834—1914) показал, что половые клетки обособлены от остального организма и поэтому не подвержены влияниям, действующим на соматические ткани.

Несмотря на убедительные опыты Вейсмана, которые бы
проверить, победившие в советской биологии сторонник
ко долго отрицали генетику, называя ее вейсманизмом-
мом. В этом случае идеология победила науку, и мно
как, например, Н.И. Вавилов, были репрессирова

Этап III. Гуго де Фриз (1848—1935) открыл суще
следуемых мутаций, составляющих основу дискр
вости. Он предположил, что новые виды возни
мутаций.

ДНК, ...ктерис... ...ий и

Понятие мутации в генетике аналогично понятию флуктуации в синергетике. Мутация — это частичное изменение структуры гена. Конечный ее эффект — изменение свойств белков, кодируемых мутантными генами. Появившийся в результате мутации признак не исчезает, а накапливается. Мутации вызываются радиацией, химическими соединениями, изменением температуры, наконец, могут быть просто случайными.

«Согласно нашей аналогии, мутации, очевидно, представляют собой опечатки, неизбежно появляющиеся при каждом новом переиздании Книги Жизни. Подобно тому как в наших книгах опечатки чаще всего приводят к бессмыслице и крайне редко улучшают текст, так и мутации почти всегда приносят вред; чаще всего они просто убивают организм или клетку на очень ранних стадиях, и мы даже не замечаем, что они вообще существовали на свете. С другой стороны, тот факт, что мутация летальна, сам по себе исключает опечатку из последующих изданий, ибо содержащая эту мутацию клетка никогда не произведет себе подобных. В иных случаях мутация может оказаться вредной, но не летальной. Она появится и в новых клетках, но есть надежда, что такие вредные мутации в последующих поколениях исчезнут в результате естественного отбора. Изредка все же считается, что мутация оказывает благоприятное действие. Она уже не исчезает, поскольку создает организму большие преимущества в борьбе за существование. В конце концов эта мутация будет постоянно включаться в Книгу Жизни данного вида организмов. Так протекает процесс эволюции» (Дж. Кендрью).

Этап IV. Томас Морган (1866—1945) создал хромосомную теорию наследственности, в соответствии с которой каждому биологическому виду присуще свое строго определенное число хромосом.

Этап V. Г. Меллер в 1927 г. установил, что генотип может изменяться под действием рентгеновских лучей. Отсюда берут свое начало индуцированные мутации и то, что впоследствии было названо генетической инженерией с ее грандиозными возможностями и опасностями вмешательства в генетический механизм.

Этап VI. Дж. Бидл и Э. Татум в 1941 г. выявили генетическую основу процессов биосинтеза.

Этап VII. Джеймс Уотсон и Френсис Крик предложили модель молекулярной структуры ДНК и механизма ее репликации.

То, что именно ДНК — носитель наследственной информации, выяснилось в середине 40-х годов, когда после перенесения ДНК одного штамма бактерий в другой в нем стали появляться бактерии штамма, чья ДНК была взята.

25-летний Уотсон, приехав из США в Кембридж в 1953 г., должен был заниматься изучением структуры белка. Но он посчитал, что это очень тяжело для него, и подолгу беседовал с Криком о появившихся только что улучшенных рентгенограммах ДНК и правил спаривания ее оснований. Им удалось расшифровать ДНК за несколько недель.

Чуть позже был открыт триплетный перекрывающийся (как азбука Морзе) генетический код, универсальный для всех организмов, и ядро стали понимать как орган управления, содержащий всю информацию о клетке. Продолжая аналогию ДНК с книгой, можно сказать, что если аминокислота — это слово, то бактерия — том, а человек — огромная энциклопедия.

В заключение несколько слов о вирусах, которые в тысячу раз больше обычных молекул белка, не питаются и не растут, а воспроизводятся только в клетке хозяина. Изучение их как раз хорошо демонстрирует значение аппарата наследственности.

Вирус имеет головку и спираль с хвостом. Спиральная пружина сжимается и подобно игле проталкивает хвост внутрь клетки. Затем через трубку впрыскивается ДНК, и часто уже через несколько минут клетка разрывается, освобождая сотню и больше новых вирусных частиц, готовых к зарождению новых клеток. Процесс заражения сходен с государственным переворотом. Вирус совершает революцию в клетке. Бороться с ним можно с помощью интерферона — синтезируемого клетками вещества, которое специально предназначено для разрушения чужих ДНК.

Генетика свидетельствует: мы несем в себе информацию наших умерших предков, всей природы. Вся природа как бы заключена в нас. Это же говорит и об ответственности, налагаемой на нас природой.

Перед современной генетикой стоят проблемы изучения сочетаний (связок) генов, их динамики (меняются ли признаки или нет), поиска социально обусловленных генов.

Что же касается биологии в целом, то «...биологи прежних лет в целом продвигались сверху вниз. Они начинали с целого организма, потом разнимали его на части и рассматривали отдельные органы и ткани; далее они изучали отдельные клетки под микроскопом — так мало-помалу они продвигались вниз, от сложного к простому. Новая биология начинает с другого конца и продвигается с самого низа вверх. Она начала с простейших компонентов живого организма — стала изучать отдельные молекулы и их взаимодействие внутри клеток, пренебрегая всем остальным. Теперь пришла пора обратиться к этому остальному и двигаться вверх вдоль иерархии биологической организации» (Дж. Кендрью). По этому пути и идет современная биология.

Вопросы для повторения

1. Чем отличается живое от неживого?
2. Относятся ли вирусы к живым или неживым телам и почему?
3. Каков механизм действия вируса?
4. Каковы концепции происхождения жизни?
5. Какова модель происхождения жизни А.И. Опарина?
6. Зачем нужен озоновый слой в атмосфере?
7. Как образовалась атмосфера на Земле?
8. Что такое фотосинтез?
9. Чем отличается ДНК от РНК?
10. Какие виды РНК вы знаете?
11. Каков механизм воспроизводства жизни на молекулярном уровне?
12. Что такое рибосома?
13. Что такое ген?
14. Чем занимается генная инженерия?
15. Какой вклад в теорию эволюции внесла генетика?

Литература к главе 7

1. *Кендрью Дж.* Нить жизни. — М., 1968.
2. *Краткий* миг торжества. — М., 1989.
3. *Мир* вокруг нас. — М., 1983.
4. *Опарин А.И., Фесенков В.Г.* Жизнь во Вселенной. — М., 1956.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Почему проблема происхождения жизни одна из самых трудных и интересных в науке?
2. Чем живое отличается от неживого?
3. Как Пастер доказал, что жизнь не может возникнуть сейчас сама по себе?
4. Как это связано с процессом пастеризации?
5. Что нужно, чтобы появилось и могло существовать живое вещество?

6. Каковы современные представления о происхождении жизни?
7. Каковы стадии происхождения жизни по А. Опарину?
8. Какое значение имеет то, что с точки зрения теории вероятностей вероятность возникновения жизни очень мала?
10. Почему деятельность живых систем сравнивают с работой фабрики и одновременно со звучанием симфонии?
11. В чем суть процесса метаболизма и что происходит с потребляемой пищей?
12. Что изучает генетика?
13. Что такое ген, ДНК, РНК, хромосома, рибосома, аминокислота, мутация, генотип, фенотип, онтогенез, филогенез, доминантность и рецессивность?
14. Как из одной оплодотворенной клетки возникает организм?
15. Что такое биосинтез и как он происходит в организме?
16. Что такое самовоспроизводство и каков механизм самовоспроизводства жизни на молекулярном уровне?
17. Если отрезать ногу, то можно ли назвать это мутацией?
18. Как определить, что приобретенные признаки не наследуются? Как это показали опыты А. Вейсмана с мышами?
19. Какова суть и основание возражения против теории эволюции Дарвина?
20. Что такое общая теория эволюции? Каков ход эволюции на Земле?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Специфичность жизни, отличие живых систем от неорганического мира хорошо видны с точки зрения химии. В живых системах протекает множество отдельных химических реакций, например, в человеческом организме в одну секунду совершается примерно 15 миллиардов актов реакций, многие из которых давно и хорошо изучены. Для живого специфичен определенный порядок этих реакций, их последовательность и объединение в целостную систему» (Из книги «Мир вокруг нас»).

«Вся совокупность современных биохимических данных показывает, что отдельные, индивидуальные реакции,

протекающие в живых телах, сравнительно просты и однообразны. Это хорошо известные и легко воспроизводимые в пробирке и колбе химика реакции окисления, восстановления, гидролиза, фосфоролиза, альдольного уплотнения, переаминирования и т.д. Ни в одной из них нет ничего специфически жизненного. Специфическим для живых тел прежде всего является то, что в них эти отдельные реакции определенным образом организованы во времени, сочетаются в единую целостную систему, наподобие того, как отдельные звуки сочетаются в какое-либо музыкальное произведение, например, симфонию. Стоит только нарушить последовательность звуков — получится дисгармония, хаос. Аналогичным образом и для организации живых тел важно то, что совершающиеся в них реакции протекают не случайно, не хаотически, а в строго определенном гармоничном порядке, который лежит в основе как восходящей, так и нисходящей ветви обмена веществ. Такие жизненные явления, как, например, брожение, дыхание, фотосинтез, синтез белков и т.д., — это длинные цепи реакций окисления, восстановления, альдольного уплотнения и т.д., сменяющих друг друга в совершенно точной последовательности, в строго определенном закономерном порядке. Но что особенно важно, что принципиально отличает живые организмы от всех систем неорганического мира — это присущая жизни общая направленность указанного выше порядка. Многие десятки и сотни тысяч химических реакций, совершающихся в живом теле, не только гармонично сочетаются в едином порядке, но и весь этот порядок закономерно обусловливает самосохранение и самовоспроизведение всей жизненной системы в целом и в данных условиях внешней среды, в поражающем соответствии с этими условиями» (А.И. Опарин, В.Г. Фесенков).

«На бесчисленном множестве небесных тел нет жизни, многие из этих тел никогда и не будут ею обладать в течение всего своего развития, так как оно здесь идет совершенно иными путями, чем это имеет место на нашей планете. Но из этого совершенно не следует, что только Земля является единственным обиталищем жизни. В нашей метагалактической системе имеются сотни миллионов галактик, и каждая отдельная галактика может состоять из миллиардов и сотен миллиардов звезд. Даже в нашей галактике, включающей примерно 150 миллиардов звезд, могут быть сотни тысяч планет, на которых возможно возникновение и развитие жизни. Во всей бесконечной Вселенной должно существовать также и бесконечное множество обитаемых планет» (А.И. Опарин, В.Г. Фесенков).

«Органический синтез осуществлялся в период, предшествовавший образованию Солнечной системы и во время ее образования; он имел место уже на том этапе, когда Земля еще окончательно не сформировалась. По-видимому, такой синтез происходил в атмосферах углеродных звезд, в солнечной туманности, в планетозималях и протопланетах» (Дж. Оро).

«Я полагаю, что обмен у первых организмов был направлен — а у первых синтетических организмов будет направлен — на синтез нуклеиновых кислот, способных служить матрицей в синтезе белка, а также на синтез одного или более белков, катализирующих образование нуклеиновых кислот и белков» (Дж. Холдейн).

«В некотором смысле живые системы можно сравнить с хорошо налаженным фабричным производством: с одной стороны, они являются вместилищем многочисленных химических превращений, с другой — демонстрируют великолепную пространственно-временну́ю организацию с весьма неравномерным распределением биохимического материала» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

«Из множества возникавших при неспецифической полимеризации вариантов благодаря действию естественного отбора сохранялись только те, участие которых в метаболизме данной системы способствовало ее более длительному существованию, росту и размножению. Так происходило постепенное совершенствование как всей живой системы в целом, так и ее отдельных механизмов» (А.И. Опарин).

«Если бы в период первоначального синтеза таких молекул существовал свободный кислород, то они почти наверное в конце концов разрушились бы в результате окисления. Только в среде, лишенной свободного кислорода, эти предшественники живых систем могли накапли-

ваться в концентрациях, способных обеспечить их частое взаимодействие друг с другом..., что было необходимо для возникновения первых метаболических систем» (П. Хочачка, Дж. Сомеро).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Происхождение и развитие жизни

Абиотическое образование простейших углеводородов (мономеры)	15–5 млрд лет
Абиотический синтез важных для жизни органических соединений в первичной атмосфере	5–3 млрд лет
«Первичный бульон» Опарина в океане (на мелководье)	3 млрд лет
Биополимеры (ферменты, белки, нуклеиновые кислоты) — матрицы жизни, способные к самовоспроизводству	3 млрд лет
Мембраны	3 млрд лет
Клетка (протоплазма и оболочка)	3 млрд лет
Первые одноклеточные организмы без ядра (бактерии, сине-зеленые водоросли) — есть нити ДНК, но нет оболочки	3 млрд лет
Колонии клеток	3 млрд лет
Одноклеточные организмы с ядром (амебы)	2 млрд лет
Многоклеточные организмы, разделение на растения и животных	1 млрд лет

2. Воспроизводство живого

Репликация ДНТ → Транскрипция (запись на информационной РНК) → Трансляция (биосинтез в рибосоме с помощью транспортной РНК, доставляющей аминокислоты)

Глава 8. ЭКОЛОГИЯ И УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Отличия растений и животных

Как считает большинство биологов, примерно 1 млрд лет назад произошло разделение живых существ на два царства— растений и животных. **Различия между растениями и животными можно сгруппировать по трем признакам: структуре клеток и их способности к росту, способу питания, способности к движению.**

Отнесение живых существ к царствам растений или животных проводится не по каждому признаку, а по совокупности различий. Так, кораллы, моллюски, речная губка — бодяга всю жизнь остаются неподвижными, и тем не менее, по множеству других свойств, их относят к животным. Существуют насекомоядные растения, которые по способу питания относятся к животным. Выделяют и переходные типы, как, скажем, эвглена зеленая, которая питается как растение, а двигается, как животное. И все же три отмеченные группы различий являются основными в подавляющем большинстве случаев.

Кристаллы растут, но не воспроизводятся; растения воспроизводятся, но не двигаются; животные двигаются и воспроизводятся. В то же время у растений некоторые клетки сохраняют способность к активному росту на протяжении всей жизни организма. В пластидах — белковых телах клеток растений — заключен хлорофилл, придающий растениям зеленую окраску. Его наличие связано с основной космической функцией растений — улавливанием и превращением солнечной энергии. Эта функция определяет строение растений. «Свет лепит формы растений, как из пластического материала», — писал австрийский ботаник И.Визнер. По словам В.И. Вернадского, «в биосфере видна неразрывная связь между освещающим ее световым солнечным излучением и находящимся в ней зеленым живым миром организованных существ». Самое большое дерево в мире — акация гальпини (122 м высоты, 44 м в периметре).

У животных клеток есть центриоли, но нет хлорофилла и клеточной стенки, мешающей изменению формы. Что же касается различий в способе питания, то большинство растений необходимые для жизни вещества получает в результате поглощения минеральных соединений. Животные питаются готовыми органическими соединениями, которые создают растения в процессе фотосинтеза.

В ходе развития животного мира происходила дифференциация органов по функциям, которые они выполняют, и возникли двигательная, пищеварительная, дыхательная, кровеносная, нервная системы и органы чувств.

В XVIII–XIX вв. ученые потратили много усилий для систематизации всего многообразия растительного и животного мира. Появилось направление в биологии, получившее название систематики. Были созданы классификации растений и животных в соответствии с их отличительными признаками. Основной структурной единицей был признан ВИД, а более высокие уровни составили последовательно РОД, ОТРЯД, КЛАСС.

На Земле существуют 500 тыс. видов растений и 1,5 млн видов животных, в том числе позвоночных — 70 тыс., птиц — 16 тыс., млекопитающих — 12540 видов. Подобная систематизация различных форм жизни создала предпосылки для изучения живого вещества как целого, что впервые осуществил выдающийся русский ученый В.И. Вернадский в учении о биосфере.

Учение В.И. Вернадского о биосфере

Существуют два основных определения понятия «биосфера», одно из которых известно со времени появления в науке данного термина. Это понимание биосферы как совокупности всех живых организмов на Земле. Ученик В.В. Докучаева, создателя учения о почвах, В.И. Вернадский, изучавший взаимодействие живых и неживых систем, выдвинул принцип неразрывной связи живого и неживого, переосмыслив понятие биосферы. В его понимании **биосфера — это единство живого и неживого.**

Такое толкование определило взгляд Вернадского на проблему происхождения жизни на Земле. Рассматривались следующие варианты: жизнь возникла до образования Земли и была занесена на нее; жизнь зародилась после образования Земли; жизнь зародилась вместе с формированием Земли. Вернадский придерживался последней из этих точек зрения и считал, что нет убедительных научных данных о том, что живое когда-либо не существовало на нашей планете. Иными словами, биосфера была на Земле всегда.

Под биосферой, таким образом, Вернадский понимал тонкую оболочку Земли, в которой все процессы протекают под прямым воздействием живых организмов. Биосфера располагается на стыке литосферы, гидросферы и атмосферы, располагаясь в диапазоне от 10 км в глубь Земли до 33 км над Землей.

Занимаясь им же созданной биогеохимией, изучающей распределение химических элементов по поверхности планеты, Вернадский пришел к выводу, что нет практически ни одного элемента таблицы Менделеева, который не включался бы в живое вещество. Вернадский подчеркивал также важное значение энергии и называл живые организмы механизмами превращения энергии.

Эмпирические обобщения В.И. Вернадского

1. Первым выводом из учения о биосфере является ПРИНЦИП ЦЕЛОСТНОСТИ биосферы. «Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе как о едином целом в механизме биосферы». Строение Земли, по Вернадскому, есть согласованный в своих частях механизм. «Твари Земли являются созданием космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма».

Узкие пределы существования жизни — физические постоянные, уровни радиации и т.п. — подтверждают это, как будто кто-то создал такую среду, чтобы жизнь стала возможна. Какие условия и константы имеются в виду? ГРАВИТАЦИОННАЯ ПОСТОЯННАЯ, или константа всемирного тяготения, определяет размеры звезд, температуру и давление в них, влияющие на ход реакций. Если она будет чуть меньше, звезды станут недостаточно горячими для протекания в них ядерных реакций; если чуть больше, звезды превзойдут «критическую массу» и обратятся в черные дыры, выпав тем самым из круговорота материи. КОНСТАНТА СИЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ определяет ядерный заряд в звездах. Если ее изменить, то цепочки ядерных реакций не дойдут до углерода и азота. ПОСТОЯННАЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ определяет конфигурацию электронных оболочек и прочность химических связей; ее изменение делает Вселенную мертвой. К этому добавляется еще АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП, с которым мировые константы как бы подгоняются к возможности существования жизни.

2. С принципом целостности биосферы и неразрывной связи в ней живых и косных компонентов связан и ПРИНЦИП ГАРМОНИИ биосферы и ее организованности. В биосфере, по Вернадскому, «все учитывается и все приспособляется с той же точностью, с

той же механичностью и с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил и начинаем видеть в системах атомов вещества и атомов энергии».

3. Роль живого в эволюции Земли. «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем организмы, взятые в целом... Все минералы верхних частей земной коры —свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси Fe и Al (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни». Лик Земли как небесного тела, заключает Вернадский, фактически сформирован жизнью.

4. Космическая роль биосферы в трансформации энергии. «Можно рассматривать всю эту часть живой природы как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию Земли».

5. Растекание жизни есть проявление ее геохимической энергии. Живое вещество, подобно газу, растекается по земной поверхности в соответствии с ПРАВИЛАМИ ИНЕРЦИИ. Мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные. Скорость передачи жизни зависит от плотности живого вещества.

6. Понятие автотрофности. Автотрофными называют организмы, которые берут все нужные им для жизни химические элементы в биосфере из окружающей их косной материи и не требуют для построения своего тела готовых соединений другого организма. Поле существования этих зеленых автотрофных организмов определяется прежде всего областью проникновения солнечных лучей.

7. Космическая энергия вызывает давление жизни, которое достигается размножением. Размножение организмов уменьшается по мере увеличения их количества.

8. Формы нахождения химических элементов: горные породы и минералы, магмы, рассеянные элементы, живое вещество. Закон бережливости в использовании живым веществом простых химических тел: раз вошедший элемент проходит длинный ряд состояний и организм вводит в себя только необходимое количество элементов.

9. Жизнь целиком определяется полем устойчивости зеленой растительности. Пределы жизни определяются в конце концов физико-химическими свойствами соединений, строящих организм, их неразрушимостью в определенных условиях среды. Максимальное поле жизни определяется крайними пределами выживания организмов. Верхний предел жизни обусловливается лучистой энергией, присутствие которой исключает жизнь и от которой предохраняет озоновый щит. Нижний предел связан с достижением высокой температуры. Интервал в 433° С (от −252°С до +180°С) является предельным тепловым полем.

10. Биосфера в основных своих чертах представляет один и тот же химический аппарат с самых древних геологических периодов. Жизнь оставалась в течение геологического времени постоянной, менялась только ее форма. Само живое вещество не является случайным созданием.

11. Повсеместное распространение жизни в биосфере. Жизнь постепенно, медленно приспосабливаясь, захватила биосферу и захват этот не закончился. Поле устойчивости жизни есть результат приспособленности в ходе времени.

12. Постоянство количества живого вещества в биосфере. Количество свободного кислорода в атмосфере того же порядка, что и количество свободного живого вещества ($1{,}5 \times 10^{21}$ г и $10^{20} - 10^{21}$ г). Скорость передачи жизни не может перейти пределы, нарушающие свойства газов. Идет борьба за нужный газ.

13. Всякая система достигает устойчивого равновесия, когда ее свободная энергия равняется нулю или приближается к нулю, т.е. когда вся возможная в условиях системы работа произведена. Понятие устойчивого равновесия является исключительно важным. Мы к нему вернемся позже.

В развитие биологии в XX в. большой вклад внесли русские ученые. Мы говорили о первых моделях происхождения жизни, созданных А.И. Опариным. Русская биологическая школа имеет хорошие традиции. Выдающийся почвовед В.В. Докучаев, учитель В.И. Вернадского, создал учение о почве как своеобразной оболочке Земли, являющейся единым целым, включающим в себя живые и неживые тела. По существу, учение о биосфере было продолжением и распространением идей Докучаева на более широкую сферу реальности. В дальнейшем развитие биологии в этом направлении привело к созданию одной из основных наук второй половины XX в. — экологии.

Экология

В буквальном смысле слово «экология» означает науку о «доме» (от греч. oikos— жилище, местообитание). Экология — наука о местообитании живых существ, их взаимоотношении с окружающей средой. Экология изучает организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций,

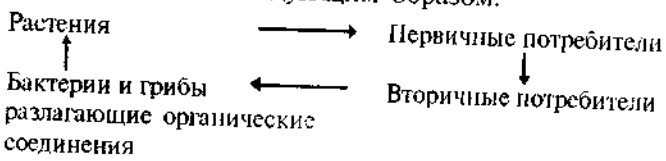
сообществ, экосистем. Термин «экология» предложил немецкий зоолог Э. Геккель в 1866 г., но подлинного расцвета эта наука достигла в XX в., и ее развитие далеко не закончено.

Если биология (включая учение о биосфере) исследует целостности высшего порядка, то экология изучает различные уровни целостности, промежуточные между организменным и глобальным. Выделяют АУТОЭКОЛОГИЮ, которая исследует взаимодействие отдельных видов со средой, и синэкологию, которая изучает сообщества. Сообществом, или БИОЦЕНОЗОМ, называют совокупность растений и животных, населяющих участок среды обитания. Совокупность сообщества и среды носит название экологической системы, или БИОГЕОЦЕНОЗА.

Основные понятия аутоэкологии — популяция, местообитание, экологическая ниша. Популяцией называется группа организмов, относящихся к одному или близким вида и занимающая определенную область, называемую местообитанием. Совокупность условий, необходимых для существования популяции, носит название экологической ниши. Экологическая ниша определяет положение вида в цепях питания.

В зависимости от характера питания строится пирамида питания, состоящая из нескольких ТРОФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ. Низший занимают автотрофные организмы, питающиеся неорганическими соединениями, прежде всего растения. На более высоком уровне располагаются гетеротрофные организмы, использующие в пищу биомассу растений. Затем идут гетеротрофы второго порядка, питающиеся гетеротрофами первого порядка, т.е. травоядными животными и т.д.

Пирамида питания связана с круговоротом вещества в биосфере, который выглядит следующим образом:



Один из важнейших принципов экологии — принцип устойчивости, в соответствии с которым чем больше трофических уровней и чем они разнообразнее, тем более устойчива биосфера.

Экология показала также, что живой мир — не совокупность живых существ, а единая система, сцементированная множеством цепочек питания и иных взаимоотношений. Если даже небольшая

часть его погибнет, погибнет и все остальное. В то же время, как писал Н. Винер, «сообщество простирается лишь до того предела, до которого простирается действительная передача информации».

К важным выводам экологии можно отнести следующие, отмечавшиеся еще В.И. Вернадским.

1. Каждый организм может существовать только при условии постоянной тесной связи со средой, т.е. с другими организмами и неживой природой.

2. Жизнь со всеми ее проявлениями произвела глубокие изменения на нашей планете. Совершенствуясь в процессе эволюции, живые организмы все шире распространялись на планете, стимулируя перераспределение энергии и веществ.

3. Размеры популяции возрастают до тех пор, пока среда может выдерживать их дальнейшее увеличение, после чего достигается равновесие. Численность популяции колеблется вблизи равновесного уровня.

ПРИНЦИП РАВНОВЕСИЯ играет в живой природе огромную роль. Равновесие существует между видами и смещение его в одну сторону, скажем, уничтожение хищников, может привести к исчезновению жертв, которым не будет хватать пищи. Естественное равновесие существует и между организмом и окружающей его неживой средой. Великое множество равновесий поддерживает общее равновесие в природе.

Равновесие в живой природе не статично, как равновесие кристалла, а динамично, представляя собой движение вокруг точки устойчивости. Если эта точка не меняется, то такое состояние называется гомеостазом («гомео» — тот же, «статис» — состояние). Гомеостаз — механизм, посредством которого живой организм поддерживает параметры своей внутренней среды, противодействуя внешним воздействиям, на таком постоянном уровне, который обеспечивает нормальную жизнь. Кровяное давление, частота пульса, температура тела — все это обусловлено гомеостатическими механизмами, которые работают настолько хорошо, что мы обычно их не замечаем. В пределах «гомеостатического плато» действует отрицательная обратная связь, за пределами его — положительная обратная связь, приводящая к гибели системы.

В экосистемах необходим период эволюционного приспособления к условиям среды, который называется АДАПТАЦИЕЙ. Только после него устанавливается надежный гомеостатический контроль. Адаптация организма может быть структурной, физиологической и поведенческой. К структурной относится изменение окраски, строения тела, органов и т.д. (например, бабочки под

Первыми экосистемами, которые стали изучать с помощью количественных методов были системы «хищник–жертва». Американец Лотка в 1925 г. и итальянский ученый В. Вольтерра в 1926 г. создали математические модели роста отдельной популяции и динамики популяций, связанных отношениями конкуренции и хищничества. Исследование системы «хищник–жертва» показало, что для популяции жертв эволюцией типичным является увеличение рождаемости, а для популяции хищников — совершенствование способов ловли жертвы.

К интересным результатам привело изучение системы «паразит–хозяин». Казалось бы, отбор должен вести к уменьшению вредности паразита для хозяина, но это не так. И в этой паре идет конкурентная борьба, в результате которой усложняются и те, и другие. Гибель одного ведет к гибели другого, а сосуществование увеличивает сложность всей системы.

На изучении эволюции системы «паразит–жертва» основана гипотеза, объясняющая значение полов. Бесполое размножение, с точки зрения теории Дарвина, — значительно более эффективный процесс. Двойная стоимость полового размножения (поскольку мужские особи не вносят в создание и выращивание потомства столько, сколько женские) вызывала трудности в объяснении этого феномена. Системное изучение биологических процессов предлагает следующее объяснение: половые различия дают хозяевам уникальные преимущества, поскольку позволяют обмениваться частями генетического кода между особями. Рекомбинация больших блоков генетической информации в результате полового размножения изменяет признаки в потомстве быстрее, чем при мутациях. Поэтому потомки в этом случае могут быть более резистентными к паразитам, чем их родители. Паразиты же вследствие краткости периода воспроизводства и быстрого хода эволюционных изменений меньше нуждаются в наличии полов и обычно бесполы. И здесь конкурентная борьба является фактором естественного отбора.

В науке Нового времени преобладал редукционизм, т.е. объяснение функционирования высших структурных уровней с помощью низших. Развитие биологии в XX в. как будто укрепило позиции редукционизма. Молекулярная биология выяснила, что все многообразие форм жизни и жизненных процессов, повадок и инстинктов зависит от особенностей чередования четырех нуклеотидов в цепочке ДНК.

С другой стороны, экология показала наличие системных закономерностей. «Вся совокупность современных биохимических данных показывает, что отдельные, индивидуальные реакции, протекающие в живых телах, сравнительно просты и однообразны. Это хорошо известные и легко воспроизводимые в пробирке и колбе химика реакции окисления, восстановления, гидролиза... Ни в одной из них нет ничего специфически жизненного. Специфическим для живых тел является то, что в них эти отдельные реакции определенным образом организованы во времени, сочетаются в единую целостную систему, наподобие того, как отдельные звуки сочетаются в какое-либо музыкальное произведение, например симфонию. Стоит только нарушить последовательность звуков — получится дисгармония, хаос. Аналогичным образом и для организации живых тел важно то, что в них эти отдельные реакции протекают не случайно, не хаотически, а в строго определенном гармоничном порядке... весь этот порядок закономерно обусловливает самосохранение и самовоспроизведение всей жизненной системы в целом в данных условиях внешней среды, в поражающем соответствии с этими условиями» (А.И. Опарин, В.Г. Фесенков).

Необходимость системного подхода в исследовании живого в противоположность редукционизму вложена в уста Мефистофеля из «Фауста» Гёте:

Иль вот: живой предмет желая изучить,
Чтоб ясное о нем познанье получить,—
Ученый прежде душу изгоняет,
Затем предмет на части расчленяет
И видит их, да жаль: духовная их связь
Тем временем исчезла, унеслась!

Синтетическая теория эволюции

Применительно к живой природе эволюцию понимают как образование более сложных видов из простых. Как оно происходит? Существует ли целесообразность в природе? Какова роль случайности? Что является источником развития: тренировка органов (как считал Ламарк); борьба за существование и выживание наиболее приспособленных (естественный отбор, по Дарвину); способность к взаимопомощи (П.А. Кропоткин); природные катастрофы — кометы, изменения температуры и пр. (Кювье)?

Генетика опровергла представления Ламарка о наследовании приобретенных при жизни признаков с помощью очень простых опытов. Вейсман последовательно на протяжении многих поколений отрезал мышам хвосты. Он постулировал, что признаки,

приобретаемые организмом и приводящие к изменению фенотипа, не оказывают прямого воздействия на половые клетки, передающие признаки следующему поколению.

Тем не менее эволюция идет. Ч. Дарвин (1809–1882) во время своего кругосветного плавания на корабле «Бигль» собрал множество данных, свидетельствующих о том, что виды нельзя считать неизменными. После возвращения в Англию он изучал практику разведения голубей и других домашних животных, что натолкнуло его на идею естественного отбора. В 1798 г. священник Т. Мальтус опубликовал «Трактат о народонаселении», в котором обрисовал, к чему привел бы рост населения, если бы он ничем не сдерживался. Дарвин перенес его рассуждения на природу и обратил внимание на то, что несмотря на высокий репродуктивный потенциал, численность популяций остается относительно постоянной. Дарвин предположил, что при интенсивной конкуренции внутри популяции любые изменения, благоприятные для выживания в данных условиях, повышают способность особей размножаться и оставлять потомство.

Другим основанием теории эволюции послужил принцип униформизма английского геолога Ч. Лайеля (1797–1875), в соответствии с которым медленные ничтожные изменения приводят к поразительным результатам, если происходят долго в одном направлении. Точно так же небольшие изменения на протяжении миллионов лет приводят к образованию новых видов.

На мысль об эволюции органических форм Дарвина натолкнула находка в одном и том же регионе — в Южной Америке — скелетов ленивца — огромного (ископаемого) и маленького (современного).

Теория эволюции сформулирована Дарвином в 1839 г. Наибольший вклад Дарвина в науку заключался не в том, что он доказал существование эволюции, а в том, что он объяснил, как она может происходить. В 1859 г. Дарвин опубликовал труд «Происхождение видов путем естественного отбора». Гипотеза Дарвина 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 жизни, обладают «репродуктивным преимуществом» и производят больше потомков, чем менее приспособленные особи.

Вывод 2 содержит гипотезу о естественном отборе, который может служить механизмом эволюции.

Не столь важно, о какой конкуренции идет речь: внутри- или межвидовой. Решающий фактор, определяющий выживание,— это приспособленность к среде. Любое, пусть самое незначительное физическое, физиологическое или поведенческое изменение, дающее одному организму преимущество перед другим, будет действовать в «борьбе за существование» как селективное преимущество. Благоприятные изменения будут передаваться следующим поколениям, а неблагоприятные — элиминироваться отбором, так как они невыгодны организму. Действуя таким образом, естественный отбор ведет к повышению «мощности» вида, а в филогенетическом плане обеспечивает его выживание.

Данные в поддержку гипотезы Дарвина дают различные науки. Палеонтология, которая занимается изучением ископаемых остатков, подтверждает факт прогрессивного возрастания сложности организмов. В самых древних породах встречаются организмы немногих типов, имеющих простое строение. Постепенно разнообразие и сложность растут. Многие виды, появляющиеся на каком-либо стратиграфическом уровне, исчезают затем. Это истолковывают как возникновение и вымирание видов.

В соответствии с данными палеонтологии можно считать, что в протерозойскую геологическую эру (700 млн лет назад) появились бактерии, простейшие водоросли, примитивные морские организмы; в палеозойскую эру (365 млн лет назад) — наземные растения, пресмыкающиеся; в мезозойскую эру (185 млн лет назад) — млекопитающие, птицы, хвойные растения; в кайнозойскую эру (70 млн лет назад) — современные виды. Конечно, следует иметь в виду, что палеонтологическая летопись неполна.

Теория эволюции ознаменовала крупный прорыв в биологии, наряду с классификацией Линнея и клеточной теорией. Но вопросы и сомнения оставались. Всю жизнь Дарвина преследовал «кошмар Дженкина» — возражение следующего содержания: если среди поля красных маков появится белый, то после скрещивания он даст розовое потомство, а через 2–3 поколения исчезнет всякое воспоминание о белом цвете (ведь в природе нет «демона Максвелла»).

Лишь возникновение генетики дало возможность отвергнуть это возражение. Опровергнув концепцию Ламарка, генетика помогла дарвинизму, объяснив, что появившийся признак не может исчезнуть, так как наследственный аппарат сохраняет случайно возникшее в нем, подобно тому, как сохраняются опечатки в книгах при их воспроизводстве.

Генетика привела к новым представлениям об эволюции, получившим название неодарвинизма, который можно определить как теорию органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически. Другое общепринятое название — синтетическая, или общая, теория эволюции. Механизм эволюции стал рассматриваться как состоящий из двух частей: случайные мутации на генетическом уровне и наследование наиболее удачных с точки зрения приспособления к окружающей среде мутаций, так как их носители выживают и оставляют потомство.

Мутация → Появление нового признака →
Борьба за существование → Естественный отбор

«Теория Дарвина в ее сегодняшней форме содержит, собственно, два независимых утверждения. Согласно одному из них, в процессе воспроизведения испытываются все новые формы, которые в своем большинстве при данных внешних обстоятельствах снова исчезают как непригодные; сохраняются лишь немногие приспособленные. Во-вторых, предполагается, что новые формы возникают вследствие чисто случайных нарушений генной структуры» (В. Гейзенберг). Некоторые из событий, приводимых в качестве доказательства эволюционной гипотезы, воспроизводимы в лаборатории, однако это не значит, что они действительно происходили в прошлом, а свидетельствует об их возможности. На многие возражения до сих пор нет ответа. Поэтому концепцию Дарвина точнее все же относить к гипотезам, которые требуют дальнейшего подтверждения.

Концепция коэволюции

Критика дарвинизма велась со дня его возникновения. Одним не нравилось, что изменения, по Дарвину, могут идти во всех возможных направлениях и случайным образом. Концепция номогенеза утверждала, что изменения происходят не беспорядочно и случайно, а по законам форм. Русский ученый и революционер П.А. Кропоткин придерживался точки зрения, в соответствии с которой взаимопомощь является более важным фактором эволюции, чем борьба.

Эти возражения не могли поколебать общей теории эволюции вплоть до появления под влиянием экологических исследований

концепции коэволюции, которая смогла объяснить возникновение полов и другие феномены. Как химическая эволюция — результат взаимодействия химических элементов, так по аналогии биологическая эволюция может рассматриваться как результат взаимодействия организмов. Случайно образовавшиеся более сложные формы увеличивают разнообразие и стало быть устойчивость экосистем. Удивительная согласованность всех видов жизни есть следствие коэволюции.

Концепция коэволюции хорошо объясняет эволюцию в системе «хищник—жертва» — постоянное совершенствование и того, и другого компонента системы. В системе «паразит—хозяин» естественный отбор должен вроде бы способствовать выживанию менее вирулентных (не опасных для хозяина) паразитов и более резистентных (устойчивых к паразитам) хозяев. Постепенно паразит становится комменсалом, т.е. безопасным для хозяина, а затем они могут стать мутуалами — организмами, которые способствуют взаимному процветанию, как грибы и фотосинтезирующие бактерии, вместе образующие лишайники. Но так происходит не всегда. Паразиты являются неизбежной, обязательной частью каждой экосистемы. Коэволюционная «гонка вооружений» способствует большему разнообразию экосистем. Паразиты препятствуют уничтожению хозяевами других видов.

Совместная эволюция организмов хорошо видна на следующем примере. Простейшие жгутиковые, живущие в кишечнике термитов, выделяют фермент, без которого термиты не могли бы переваривать древесину и расщеплять ее до сахаров. Встречая в природе симбиоз, мы можем предполагать, что его конечной стадией является образование более сложного организма. Травоядные животные могли развиться из симбиоза животных и микроскопических паразитов растений. Паразит уже обрел некогда способность производить ферменты для переваривания веществ, имевшихся в организме его хозяина-растения. Животное же делится с паразитом питательными веществами из растительной массы.

Концепция коэволюции объясняет и факты альтруизма у животных: заботу о детях, устранение агрессивности путем демонстрации «умиротворяющих поз», повиновение вожакам, взаимопомощь в трудных ситуациях и т.п.

Гипотеза Геи-Земли

Эта гипотеза возникла в последние два десятилетия на основе учения о биосфере, экологии и концепции коэволюции. Авторами ее являются английский химик Джеймс Лавлок и амери-

канский микробиолог Линн Маргулис. Вначале была обнаружена химическая неравновесность атмосферы Земли, которая рассматривается как признак жизни. По мнению Лавлока, если жизнь представляет собой глобальную целостность, то ее присутствие может быть обнаружено через изменение химического состава атмосферы планеты.

Лавлок ввел понятие геофизиологии, обозначающее системный подход к наукам о Земле. Согласно Гея-гипотезе, сохранение длительной химической неравновесности атмосферы Земли обусловлено совокупностью жизненных процессов на Земле. С начала жизни 3,5 млрд лет назад существовал механизм биологической автоматической термостатики, в котором избыток двуокиси азота в атмосфере играл регулирующую роль, препятствуя тенденции потепления, связанной с возрастанием яркости солнечного света. Другими словами, действует механизм обратной связи.

Лавлок сконструировал модель, в соответствии с которой при изменении яркости потоков солнечного света растет разнообразие, ведущее к возрастанию способности регулировать температуру поверхности планеты, а также к росту биомассы.

Суть Гея-гипотезы: Земля является саморегулирующейся системой, созданной биотой и окружающей средой, способной сохранять химический состав атмосферы и тем самым поддерживать благоприятное для жизни постоянство климата. По Лавлоку, мы — обитатели и часть квазиживой целостности, которая обладает способностью глобального гомеостаза, снисходительного к нарушениям, если она в хорошей форме, в пределах своей способности к саморегуляции. Когда подобная система попадает в состояние стресса, близкого к границам саморегуляции, то даже маленькое потрясение может толкнуть ее к переходу в новое стабильное состояние или даже полностью уничтожить.

В то же время «Гея» превращает даже отбросы в необходимые элементы и, видимо, может выжить даже после ядерной катастрофы. Эволюция биосферы, по Лавлоку, может быть процессом, который выходит за рамки полного понимания, контроля и даже участия человека.

Подходя к Гее-гипотезе с биологических позиций, Л.Маргулис полагает, что жизнь на Земле представляет собой сеть взаимозависимых связей, позволяющих планете действовать как саморегулирующаяся и самопроизводящая система. В 60-х годах Маргулис предположила, что эукариотические клетки произошли в результате симбиотического союза простых прокариотических клеток, таких как бактерии.

Маргулис выдвинула гипотезу, что митохондрии (клеточные органеллы, которые производят энергию из кислорода и углеводов) произошли от аэробных бактерий; хлоропласты растений когда-то были фотосинтезирующими бактериями. По мнению Маргулис, симбиоз— образ жизни большинства организмов и один из наиболее созидательных факторов эволюции. Например, 90% растений существуют вместе с грибами, поскольку грибы, связанные с корнями растений, необходимы им для получения питательных веществ из почвы. Совместная жизнь приводит к появлению новых видов и признаков. Эндосимбиоз (внутренний симбиоз партнеров) — механизм усложнения строения многих организмов. Изучение ДНК простых организмов подтверждает, что сложные растения произошли из соединения простых Схематически это можно представить следующим образом:

Клетка без ядра + Спирохета → Предковый анаэробный эукариот (с ядром) + Аэробная бактерия → Предковый аэробный эукариот + ↓ Клетка гриба ↓ Животная клетка

+ Фотосинтезирующая бактерия → Клетка зеленого растения + Другая клетка → Многоклеточные организмы

Такая симбиотическая коэволюция хорошо согласуется с данными синергетики, и ею можно объяснить образование колонии амеб под влиянием недостатка пищи и образование муравейника. В синтетических терминах это описывается так. Начальной «флуктуацией» является несколько бóльшая концентрация комочков земли, которая рано или поздно возникает в какой-то точке области обитания термитов. Но каждый комочек пропитан гормоном, привлекающим других термитов. Флуктуация растет, и конечная площадь гнезда определяется радиусом действия гормона.

Так происходит переход от целесообразности на уровне организмов к целесообразности на уровне сообществ и жизни в целом — целесообразности в научном смысле слова, определяемой тем, что существуют не внешние по отношению к сообществам, а внутренние объективные надорганизменные механизмы эволюции, которые и изучает наука.

С точки зрения концепции коэволюции естественный отбор, который играл главную роль у Дарвина, является не «автором», а скорее «редактором» эволюции. Конечно, в этой сложной области исследований науку ждет еще немало важных открытий.

Вопросы для повторения

1. В чем сходства и отличия растений и животных?
2. Что такое эмпирические обобщения и чем они отличаются от гипотез, моделей, теорий?
3. Каковы основные выводы учения Вернадского о биосфере?
4. Что изучает экология?
5. Что такое сукцессия?
6. Каковы сравнительные характеристики развивающейся и зрелой экосистем?
7. Каковы основные закономерности, сформулированные в экологии?
8. Какие выводы получены в результате изучения систем «хищник–жертва» и «паразит–хозяин»?
9. Что такое теория эволюции?
10. Что такое концепция коэволюции?
11. В чем суть гипотезы Геи-Земли?

Литература к главе 8

1. *Вернадский В.И.* Биосфера. Разл. изд.
2. *Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. — М., 1976.
3. *Дарвин Ч.* Происхождение видов путем естественного отбора.— СПб., 1991.
4. *Одум Ю.* Экология. — М., 1975.
5. *Реймерс Н.Ф.* Экология. — М., 1994.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Почему именно русский ученый создал учение о биосфере?
2. Как Вернадский понимал биосферу и почему он изменил это понятие?
3. Как учение о биосфере продолжило учение о почве?
4. Что такое популяция, сообщество, экосистема, экологическая ниша, сукцессия?
5. Каковы законы экологии?
6. Каковы закономерности развития экосистем?
7. Как формулируется основной закон экологии?
8. Зачем на Земле необходимо существование столь большого количества видов жизни?
9. В чем суть концепции коэволюции и как она возникла?

10. Как концепция коэволюции примирила взгляды Дарвина и Кропоткина?
11. Как происходила эволюция с точки зрения концепции коэволюции?
12. Каково экологическое значение науки?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Земная оболочка биосферы, обнимающая весь земной шар, имеет резко обособленные размеры; в значительной мере она обусловливается существованием в ней живого вещества — им **заселена**. Между ее косной безжизненной частью, ее косными природными телами и живыми веществами, ее населяющими, идет непрерывный материальный и энергетический обмен, материально выражающийся в движении атомов, вызванном живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается закономерно меняющимся, непрерывно стремящимся к устойчивости **равновесием**. Оно пронизывает всю биосферу, и этот **биогенный ток атомов** в значительной степени ее создает. Так неотделимо и неразрывно биосфера на всем протяжении геологического времени связана с живым заселяющим ее веществом. В этом биогенном токе атомов и связанной с ним энергии проявляется резко планетное, космическое значение живого вещества. Ибо биосфера является той единственной земной оболочкой, в которую непрерывно проникают космическая энергия, космические излучения и прежде всего лучеиспускание Солнца, поддерживающее динамическое равновесие, организованность: биосфера ↔живое вещество» (В.И.Вернадский).

«Так как рождается гораздо больше особей каждого вида, чем может выжить, и так как между ними поэтому часто возникает борьба за существование, то из этого следует, что любое существо, если оно хотя бы незначительно изменится в направлении, выгодном для него в сложных и нередко меняющихся условиях его жизни, будет иметь больше шансов выжить и, таким образом, будет сохраняться естественным отбором. В силу действия закона наследственности всякая сохраненная отбором разновидность будет размножаться в своей новой, видоизмененной форме» (Ч. Дарвин).

Глава 9. ЭТОЛОГИЯ И СОЦИОБИОЛОГИЯ

Раздражимость и нервная система

Всеобщим свойством живых тел, определяющим их активную реакцию на воздействие окружающей среды, является РАЗДРАЖИМОСТЬ. У многоклеточных животных вся сенсорная информация воспринимается видоизмененными нервными клетками — РЕЦЕПТОРАМИ. Воспринимаемая рецепторами информация передается эффекторным клеткам и вызывает в них реакцию, определенным образом связанную со стимулом. Любое раздражение (механическое, световое и т.п.), воспринимаемое рецептором, преобразуется в процесс возбуждения.

Типы рецепторов и воспринимаемые ими стимулы (по теории Н. Грина, У. Стаута, Д. Тейлора, изложенной в книге «Биология», представлены в таблице.

Типы рецепторов и воспринимаемые ими стимулы

Тип рецептора	Энергетическая природа стимула	Тип стимула
Фоторецепторы	Электромагнитная	Свет
Электрорецепторы	Электромагнитная	Электричество
Механорецепторы	Механическая	Звук, прикосновение, давление, гравитация
Терморецепторы	Тепловая	Изменение температуры
Хеморецепторы	Химическая	Влажность, запах, вкус

На более высоких стадиях эволюции потребность в улучшении обратной связи между организмом и средой способствует развитию специализированных систем клеток и приводит к образованию органов чувств. Это наиболее сложные рецепторы, состоящие из большого числа чувствительных клеток, которые тонкими нервными волокнами связаны с центральной нервной системой. Например, глаз похож на фотокамеру с диафрагмой. В глазу человека 130 млн клеток, которые создают как бы «мозаику».

Основное назначение органа зрения — восприятие света. Лучи, падающие на светочувствительный экран сетчатки, вызывают в ее клетках фотохимическую реакцию, в результате которой световая энергия превращается в нервное возбуждение. Оно в виде импульсов передается в зрительные центры головного мозга. Правильнее говорить, что видит мозг, а не глаз.

Система передачи возбуждений от органов чувств к мозгу называется НЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ. Она состоит из нейронов, или нервных клеток. «Хотя под влиянием электрических токов они обнаруживают довольно сложные свойства, обычное их физиологическое действие очень близко к принципу "все или ничего", т.е. они либо находятся в покое, либо, будучи возбуждены, проходят через ряд изменений, природа и интенсивность которых почти не зависит от раздражителя. Сначала наступает активная фаза, передаваемая от данного конца нейрона до другого с определенной скоростью; затем следует рефрактерный период, когда нейрон не способен приходить в возбуждение, по крайней мере, под действием нормального физиологического процесса. По окончании этого эффективного рефрактерного периода нерв остается бездеятельным, но может быть снова приведен в возбуждение... За исключением тех нейронов, к которым сообщения поступают от свободных нервных окончаний или чувствительных концевых органов, каждый нейрон получает сообщения от других нейронов через точки контакта, называемые *синапсами*. Число синапсов у отдельных нейронов может изменяться от нескольких единиц до нескольких сотен» (Н. Винер).

В основе деятельности нервной системы лежит восприятие сенсорной информации, передача электрохимическим путем возбуждения, его обработка и соответствующее реагирование на воздействие. Все нейроны делятся на афферентные (сенсорные), приводящие импульсы от рецептора, и эфферентные (двигательные), передающие импульсы к эффектору. В состав последнего входят и возбуждающие и тормозные нейроны, которые заставляют действовать или тормозят действие. Характер ответа, его величина и продолжительность находятся в прямой зависимости от природы стимула.

Нервные сигналы передаются в виде электрических импульсов. Нейроны называются возбудимыми клетками, так как на их мембране электрический потенциал меняется. Пока клетка находится в неактивном состоянии, ее потенциал покоя остается постоянным. Потенциал покоя имеет физико-химическую природу и обуслов-

лен разностью ионных концентраций по обе стороны мембраны аксона — отростка нервной клетки — и избирательной проницаемостью мембран для ионов. При возникновении потенциала действия проницаемость мембраны аксона повышается, и в него входят ионы.

Существует механизм адаптации сенсорных нейронов. При длительном воздействии сильного раздражителя большинство рецепторов вначале возбуждает в сенсорном нейроне импульсы с большой частотой, но постепенно частоты их снижаются. Значение адаптации сенсорных клеток состоит в том, что она позволяет получить информацию об изменениях в окружающей среде. Когда этих изменений нет, клетки находятся в покое, что предотвращает перегрузку центральной нервной системы ненужной информацией.

Интересно проследить сходства и различия между ЭВМ и нервной системой.

Сходства

1. Работа по принципу «все или ничего» на основе электрических потенциалов.
2. Переработка энергии в информации (ЭВМ потребляет гораздо больше энергии).
3. Способность к обучению.

Различия

1. В мозгу, в отличие от ЭВМ, ничего не стирается.
2. Организмы состоят из больших белковых молекул, а машины — из малых молекул.
3. Живые системы более эффективны и приспособляемы.
4. Живые механизмы, как правило, имеют значительно меньшие размеры, чем изготовляемые человеком для аналогичных целей.
5. Машины могут испускать электричество (электрические машины), генерировать короткие волны (радио), а живые организмы не могут.

На основании этого сопоставления можно сделать вывод, что мозг аналогичен управляющему вычислительному устройству, которое можно использовать как его модель.

Дисциплина, изучающая нервную систему живых организмов, получила название нейрофизиологии. Она является переходной между физиологией и психологией и предметом ее исследования служат связи между физиологическими и психическими процессами. «Известно, что повышение температуры почти до физиологических границ облегчает выполнение большей части, если не всех, нейронных процессов»,— подчеркивает эту связь Н.Винер.

Нейрофизиология изучает процессы передачи информации в нервной системе и строение мозга. Мозг состоит из серого и белого вещества. Серое вещество — нейроны, белое — нервные волокна, т.е. части аксонов (длинных отростков нейронов). Так как способность к научению у млекопитающих пропорциональна величине БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ, очевидно, что именно они служат местом образования и хранения памяти. Функции больших полушарий головного мозга асимметричны, т.е. левое полушарие ведает регуляцией речи, письма, логического мышления, правое— участвует в распознавании и анализе зрительных, музыкальных образов, формы и структуры предметов, в сознательной ориентации в пространстве. У большинства (правшей) лучше развито левое полушарие. Главная функция МОЗЖЕЧКА — регулирование нервных механизмов обратной связи, участвующих в целенаправленной двигательной активности.

Изучение памяти, т.е. способности хранить и извлекать информацию о прошлом опыте, — важная задача нейрофизиологии. Хороший способ построить кратковременную память — это заставить последовательность импульсов циркулировать по замкнутой цепи. «Можно думать, что образование следов памяти связано с действием биохимического механизма, включающего синтез в мозгу определенных веществ. Экстракты из центральной нервной ткани обученных плоских червей или крыс при введении необученным червям или крысам соответственно сокращали время, необходимое для усвоения тех же задач» (Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор).

Информация, пишет Н. Винер, «сохраняется в мозгу долгое время благодаря изменениям порогов нейронов, или другими словами, благодаря изменениям проницаемости каждого синапса для сообщений». Эти пороги повышаются «и самый процесс обучения и запоминания истощает наши способности, пока жизнь не расточит основной канал жизнеспособности». Это дало основания Н.Винеру сделать вывод, что сама жизнь индивидуума соответствует выполнению одной программы, после чего она «стирается».

Нарушения в деятельности нервной системы могут быть связаны с ее перегрузкой «вследствие избытка передаваемых сообщений, физической потери каналов связи или чрезмерного занятия каналов такой нежелательной нагрузкой, как циркулирующие записи памяти, усиливающиеся до превращения в навязчивые идеи». Применение в психиатрии электрического тока, инсулина и других психотерапевтических средств основано на их способности разрушать механизмы памяти.

Помимо нервной системы деятельность организма координирует ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА. Она передает сигналы с помощью веществ, переносимых кровью и реагирует образованием какого-либо вещества, например, слез при попадании в глаз частичек пыли. Эти вещества выделяются так называемыми ЖЕЛЕЗАМИ. Эндокринные железы секретируют гормоны — специальные химические соединения, которые поступают в кровяное русло и доставляются к удаленным органам, тканям или группам клеток, где проявляют свое регулирующее действие. Различия между нервной и эндокринной регуляцией (по Н. Грину, У. Стауту, Д. Тейлору) представлены ниже.

Нервная регуляция	**Эндокринная регуляция**
Информация передается по аксонам в виде электрических импульсов (химическая передача в синапсах)	Информация передается химическими веществами через кровеносное русло
Передача быстрая	Передача медленная
Ответ наступает тотчас	Ответ обычно развивается медленно
Ответ кратковременный	Ответ продолжительный
Ответ четко локализован	Ответ обычно генерализованный

Типы поведения

На стадии раздражимости мы имеем дело с реагированием организма на воздействие внешней среды самым простым образом. С появлением органов чувств и нервной системы поведение становится более сложным и активным, не сводясь к механическому движению. Оно определяется мышечными сокращениями и сигналами из центральной нервной системы, которые зависят от деятельности органов чувств. Как и его простая форма — движение, поведение является способом адаптации организма к воздействиям окружающей среды.

Поведение — эволюционный механизм. В тех случаях, когда животные сталкиваются с быстротечными изменениями в окружающей среде, морфологические приспособления не могут обеспечить выживания, так как изменения в строении тела совершаются слишком медленно. В этих ситуациях животных спасают только изменения в поведении.

«Двух видов животных, которые вели бы себя одинаково, не существует» (Н. Тинберген. Социальное поведение животных). С другой стороны, у животных одного вида много разных типов поведения. Живые организмы столь же разнообразны по своему поведению, как и по богатству размеров, форм и красок. Действует принцип единства строения и поведения. Используя метод проб и ошибок, животные останавливаются в конце концов на том типе поведения, который наиболее соответствует строению их тела.

Типы поведения разделяются следующим образом.



Великое множество форм поведения определяется генетическими факторами и в такой же степени зависит от генетической неоднородности видов и популяций, как и многообразие телесных

ных форм. Более того, очень вероятно, что и различия в поведении представителей одной популяции также наследственно предопределены, по крайней мере, частично. Эксперименты показывают, что естественный отбор влияет на поведение, а поведение на генотип. Поведение оказывает влияние на групповой состав популяции и тем самым на судьбу возникающих в ней генотипических изменений. Таким образом возможна поведенческая селекция сельскохозяйственных животных.

Поведение конкретного организма определяется внутренним и внешним программированием. Внешнее программирование осуществляется благодаря индивидуальному приспособлению животного к окружающей среде в ходе накопления опыта. Внутреннее программирование есть результат постепенной эволюции вида.

Рефлексы и бихевиоризм

Простейшей реакцией нервной системы является рефлекс. Он представляет собой быструю, автоматическую, стереотипную реакцию на раздражение, не находящуюся под контролем сознания. Нейроны, образующие путь нервных импульсов при рефлекторном акте, составляют так называемую рефлекторную дугу, имеющую следующий вид:

Стимул → Рецептор → Нейронная сеть → Эффектор → Реакция

В начале XX в. выдающийся русский ученый, продолжатель русской школы рефлексологии Иван Петрович Павлов (1849–1936) создал учение о нервной деятельности, дав научное объяснение работы коры больших полушарий головного мозга. Проводя опыты над собаками, Павлов пришел к выводу, что научение происходит путем формирования у животных условных рефлексов в дополнение к безусловным.

Условные рефлексы представляют собой тип рефлекторной активности, при которой характер ответа зависит от прошлого опыта. В опытах Павлова кормление собак сочеталось, например, со звонком. После многократного повторения эксперимента только при подаче звукового сигнала у собак начиналось слюноотделение. Это свидетельствовало об образовании условного рефлекса.

Подобные опыты были продолжены в других странах. Наиболее значительные успехи в этом направлении достигнуты Б. Скиннером (США). Они положили начало концепции бихевиоризма (от английского слова «поведение»).

Б. Скиннер приучал животных (голубей, крыс) совершать необычные для них действия, которые немедленно вознаграждались.

Вслед за И. Павловым, Б. Скиннер подтвердил большие возможности изменения психики животных под влиянием внешних воздействий.

Н. Винер сравнил бихевиористский подход с кибернетическим: «Бихевиористский метод состоит в рассмотрении выхода объекта и отношений между выходом и входом. Под выходом понимается любое изменение, производимое объектом в окружении. Обратно, под входом понимается любое внешнее к объекту событие, изменяющее любым образом этот объект». Не случайно и У.Р. Эшби начал свою книгу «Введение в кибернетику» с анализа работ И. Павлова.

Следует отметить, что данные эксперименты проводились в условиях неволи, неестественных для животных. Результатом исследований было то, что все механизмы психики (от низших до высших форм) объявлялись рефлекторными и контролируемыми, и таким образом животные низводились до уровня автоматов (напомним, что еще Декарт считал животных живыми автоматами). Бихевиоризм, по существу, отрицал самостоятельное значение психики и сводил деятельность центральной нервной системы к управляемому извне образованию условных рефлексов.

Инстинкт и научение

В начале 30-х годов XX в. усилиями австрийского зоолога К. Лоренца (1903–1989) и других ученых были заложены основы науки о поведении животных, которая получила название этологии (от греческого «этос» — нрав, характер; тот же корень в слове «этика» — наука о поведении человека).

Этология изучает животных преимущественно в свободных условиях, что значительно расширяет представление об их поведении. С точки зрения этологии поведение животных зависит от стимула (ключевых раздражителей) и от внутренних процессов и агентов (в частности, гормонов, выделяемых в кровь и тканевую жидкость железами внутренней секреции), которые влияют на рост и т.п.

Животные рождаются на свет со значительной частью приспособительных форм поведения, которые носят название ИНСТИНКТОВ. К. Лоренц в книге «Агрессия» писал: «Инстинктивные, унаследованные движения развиваются подобно органам тела и не требуют специальной практики». Врожденный реализующий механизм обеспечивает врожденные инстинктивные движения.

Инстинкты специфичны для каждого вида и отличаются от простых рефлексов степенью сложности. Это единицы поведения, определяемые генотипом. Гипотеза механизма инстинктивного по-

ведения такова. Под действием внешних и внутренних факторов в соответствующих нервных центрах происходит накопление «энергии действия», специфичной для определенного побуждения (голод и т.п.). Ее возрастание выше некоторого уровня приводит к появлению поисковой фазы, которая состоит в активном поиске раздражителей, при помощи которых могло бы быть удовлетворено побуждение. При усиленном накоплении «энергии действия» завершающий акт может осуществиться без ключевых раздражителей.

Инстинкты — результат воздействия внешнего мира на организм и они могут совершенствоваться тем же путем, каким возникают и закрепляются за видом новые морфологические признаки.

Можно выделить следующие особенности поведения животных:

1. Наличие обратной связи в механизме поведения предохраняет животных от излишних действий (если желудок полон, животное не будет есть). Внешние воздействия выбираются животным в зависимости от его внутреннего состояния.

2. Улучшение одних аспектов поведения влечет за собой вредные последствия в других, так что идеал недостижим. Так и должно быть, чтобы разнообразие увеличивало устойчивость биосферы.

3. «В природе существует не только целесообразное для сохранения видов, но и все не настолько нецелесообразное, чтобы повредить существованию вида» (К. Лоренц).

4. Животное обладает примитивными формами предвидения.

5. Поведение целостно и все инстинкты соединены в «Парламент Инстинктов», устанавливающий определенную координацию.

Питанию, росту, размножению и самосохранению соответствуют четыре рода инстинктов: голода, половой, агрессии и страха. Агрессия, по Лоренцу, является подлинным первичным инстинктом, направленным на сохранение вида. Она проявляется, прежде всего, в конкуренции внутри вида. Наиболее приспособленные особи могут захватывать бóльшую территорию, приносить большее потомство и передавать свои гены следующему поколению. Смысл внутривидовой борьбы (по К. Лоренцу), во-первых, в том, что «для вида... всегда выгодно, чтобы область обитания или самку завоевал сильнейший из двух соперников». Во-вторых, «В выгодности равномерности распределения состоит важная видосохраняющая функция внутривидовой агрессии». В-третьих, защита потомства (и тренировка для этого). «Защита семьи, т.е. форма столкновения с ВНЕВИДОВЫМ окружением вызвала появление поединка, а уже поединок отобрал вооруженных самцов».

Каждый организм имеет собственную территорию, которую он охраняет от посторонних, особенно от тех, кто занимает ту же

экологическую нишу. Граница участков «определяется исключительно равновесием сил, и при малейшем нарушении этого равновесия может перемещаться ближе к штаб-квартире ослабевшего, хотя бы, например, в том случае, если одна из рыб наелась и потому обленилась». «С приближением к центру области обитания агрессивность возрастает в геометрической прогрессии».

Опасность инстинкта — в его спонтанности. При недостатке врагов смещается ПОРОГ РАЗДРАЖЕНИЯ и животное готово проявить свою агрессивность по отношению к кому угодно. Другими словами, инстинкт начинает действовать без соответствующей мотивации.

Полезный, необходимый инстинкт «остается неизменным; но для особых случаев, где его проявление было бы вредно, вводится специально созданный механизм торможения» (К. Лоренц). Например, бои самцов. Бой из борьбы без правил возникает за счет ритуализации (мимическое утрирование, ритмическое повторение и т.п.), увеличения промежутка времени перед началом боя, торможения опасных движений при атаке.

Существует зависимость между действенностью оружия, которым располагает вид, и механизмом торможения, запрещающим применять это оружие против сородичей (наиболее кровожадные звери — волки — обладают самыми надежными тормозами). «Угрозы, выражаемые двумя особями в агонистической конфликтной ситуации, всегда заканчиваются тем, что одна из особей (как правило, более слабая) уступает и выходит из поединка, принимая позу подчинения или умиротворения. У собак и волков умиротворяющая поза выражается в том, что животное ложится на спину или подставляет победителю свое горло» (Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. Биология).

Механизмы торможения включают в себя позы покорности, напоминающие детское поведение и поведение самки при спаривании. По Лоренцу, «у этих животных специальные механизмы торможения запрещали нападение на детей или, соответственно, на самок еще до того, как такие выразительные движения приобрели общий социальный смысл. Но если так — можно предположить, что именно через них из пары и семьи развилась более крупная социальная группа».

Отбор, направленный одной лишь конкуренцией сородичей без связи с вневидовым окружением может быть нецелесообразным для вида. Поединок «служит полезному отбору лишь там, где бойцы проверяются не только внутривидовыми дуэльными правилами, но

и схватками с внешним врагом». Важнейшая функция поединка — это выбор боевого защитника семьи, и таким образом внутривидовая агрессия способствует охране потомства.

Ритуализация поведения выполняет функцию перевода агрессии в безопасное для животных русло и построения прочного союза двух или большего числа собратьев по виду. Ритуалы возникают из так называемых ПЕРЕОРИЕНТИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ («действие вызывается каким-то *одним* объектом, но на этот объект испускает и тормозящие стимулы, — и потому оно направляется на *другой* объект, как будто он и был причиной данного действия») и из СМЕЩЕННОЙ АКТИВНОСТИ, возникающей в тех случаях, когда при наличии сильной мотивации два разных стимула действуют в противоположных направлениях. Так, в переориентированной церемонии умиротворения или «приветствии» соединяются две позы — агрессии и страха.

Образование подобных ритуалов облегчается тем, что все инстинкты связаны между собой. Чем более агрессивен вид, тем больше у него развит половой инстинкт, напряженность которого может привести к регрессии в агрессивность. Сильный страх по принципу «противоположности сходятся» также ведет к агрессии.

Взаимодействия инстинктов между собой зависит от пола животного. Если самка испытывает чувство страха, то это повышает ее сексуальность, а чувство агрессивности — снижает. У самца, напротив, чувство страха отрицательно влияет на сексуальность, а чувство агрессивности — положительно.

Различные виды сигналов, имеющие большое значение в жизни животных, формируются из первичных движений, определяемых инстинктами. Эти естественные движения, ставшие четкими и внятными (преувеличенные жесты), становятся своеобразным «языком» животных. В роли сигналов могут выступать и социальные гормоны — особые вещества, привлекающие особей того же вида. «Мускус, цибет, бобровая струя и другие сексуально возбуждающие вещества можно рассматривать как общественные, внешние гормоны, необходимые (особенно у животных, ведущих одинокую жизнь) для соединения полов в соответствующие периоды и служащие для продолжения рода... длинные скрученные кольца атомов углерода, обнаруженные в мусконе и цибетоне, не требуют большой перестройки, чтобы превратиться в группы сросшихся колец, характерные для половых гормонов...»

Ни одну поведенческую реакцию нельзя рассматривать как только инстинктивную или приобретенную. «Поведение большинства

животных достаточно хорошо запрограммировано от рождения, а, с другой стороны, часто необходимы "уточняющие инструкции" из внешнего мира» (Н. Тинберген). Целостный поведенческий акт — переплетение врожденных и приобретенных комплексов. Условия жизни могут значительно изменять инстинктивную форму поведения.

Врожденные способности совершенствуются в результате научения. Однако и сама готовность к научению предопределена — «быстрее и лучше научить птицу той песне, которая предопределена внутренней программой» (Н. Тинберген).

Теоретические работы К. Лоренца 1931—1937 гг. показали, что многократное повторение одной и той же ситуации приводит к образованию определенной связи в психике. Научение — это адаптивное изменение индивидуального поведения в результате усвоения предшествующего опыта. Устойчивость вновь приобретенных форм поведения зависит от памяти, хранящей полученную в прошлом информацию.

Закрепленное приобретенное поведение превращается в привычку. «Значительная часть привычек, определяемых хорошими манерами, представляет собой ритуализованное в культуре утрирование жестов покорности, большинство из которых, вероятно, восходит к филогенетически ритуализованному поведению, имевшему тот же смысл» (К. Лоренц).

Появление психики — новый фактор адаптивной эволюции, возникающий у позвоночных животных. Это позволяет быстро менять привычки и навыки, что обеспечивает эволюционные преимущества млекопитающим. «Ограничения внутренней организации, особенно организации центральной нервной системы, определяют сложность предсказывающего поведения, которую может достичь млекопитающее». «Индивидуальные различия между живыми существами прямо пропорциональны их психическому развитию», — считал К. Лоренц.

При одном из видов обучения — запечатлении — раздражитель эффективен в том случае, если он предъявляется животному в раннем возрасте.

Нашим ближайшим родственникам — обезьянам — свойственно манипулирование «бесполезными» предметами, что могло приводить к развитию больших полушарий головного мозга. Велика роль манипуляционной активности в индивидуальном развитии обезьяны, в ознакомлении с окружающим миром и накоплении опыта, во внутристадном общении. Мимика, выразительные тело-

движения, позы, по Б.Ф.Поршневу, способствует имитационному воздействию на другие виды и таким образом эволюционно удобны.

Основные виды научения (по Торпу) сведены в таблицу:

Тип научения	Характеристика поведения
1. Привыкание	При продолжительном повторении стимулов, не подкрепляемых поощрением или наказанием, реакция на них постепенно угасает (птицы перестают бояться пугала)
2. Ассоциативное научение	
а) выработка условного рефлекса	Животное научается связывать безусловный стимул с условным и давать ответ на любой из них (опыты Павлова)
б) научение путем проб и ошибок	Сочетание данного действия с наградой (положительное подкрепление) или наказанием (отрицательное подкрепление) соответственно повышает или уменьшает вероятность повторения этого действия в дальнейшем (опыты Скиннера)
в) латентное научение	Научение, которое может пригодиться в дальнейшем (знание мышью непосредственного окружения своей норки)
г) инсайт («постижение»)	Научение, основанное на информации, полученной ранее при других в чем-то сходных обстоятельствах. Инсайт возможен лишь при достаточном развитии интеллектуальных функций (опыты Келера с шимпанзе)
д) запечатление	Проявляется во время раннего периода развития животного. В мозгу детеныша (или птенца) запечатлевается образ другого индивидуума, обычно родителя и создается особая «привязанность» к нему (опыты Лоренца)

В процессе эволюции возрастает роль опыта старых животных и передачи приобретенной ими информации. Отсюда следуют выводы: долгая жизнь приобретает ценность для сохранения вида; возникает селективное давление в сторону развития способности к обучению; тесная связь между способностью к обучению и продолжительностью забот о потомстве; возраст животного находится, как правило, в прямой зависимости от ранга, который оно имеет в иерархии своего сообщества.

Формы сообществ

Социальное поведение животных — не случайность, а эволюционный механизм, возникновение которого определяется преимуществами, которые обеспечивает общественная жизнь. Повадка гнездиться тесными колониями уменьшает потери от хищников. Толпы «жертв» могут не только успешно противостоять, но даже нападать на хищников. Эволюционно сформировавшаяся потребность в другом может пересилить все инстинкты, т.е. стать высшей целью и ценностью.

Социальные группы по величине могут колебаться от 2 особей у птиц, 10–100 — у обезьян, до нескольких тысяч — у насекомых.

Простейшей формой сообщества является АНОНИМНАЯ СТАЯ, в которой все находятся в одинаковом положении. Множество особей, тесно сомкнувшись, движутся в одном направлении за случайно выбранным вожаком. «Притягивающее действие, которое оказывает стая на отдельных животных и небольшие их группы, возрастает с размером стаи, причем вероятно даже в геометрической прогрессии» (К. Лоренц). Таковы стаи рыб, у которых группообразование, основанное на персональном узнавании партнеров, впервые встречается только у высших костистых видов.

«Существуют животные, — отмечает К. Лоренц, — которые полностью лишены внутривидовой агрессии и всю жизнь держатся в прочно связанных стаях. Можно было бы думать, что этим созданьям предначертано развитие постоянной дружбы и братского единения отдельных особей; но как раз у таких мирных стадных животных ничего подобного не бывает никогда, их объединение всегда совершенно анонимно. Личные узы, персональную дружбу мы находим только у животных с высокоразвитой внутривидовой агрессией, причем эти узы тем прочнее, чем агрессивнее соответствующий вид... Общеизвестно, что волк — самое агрессивное животное из всех млекопитающих... он же — самый верный из всех друзей. Если животное в зависимости от времени года попеременно становится то территориальным и агрессивным, то неагрессивным и общительным, любая возможная для него персональная связь ограничена периодом агрессивности». Эволюционный механизм, заключающийся в необходимости совместной деятельности ради сохранения вида (забота о потомстве и т.п.) вырастает на внутривидовой агрессии, является как бы ее сублимацией. Внутривидовая агрессивность на миллионы лет старше личной дружбы и любви (личные узы появляются только у костистых рыб с позднего мезозоя).

Следующей формой сообщества является БЕЗЛИЧНАЯ СЕМЬЯ, основанная на совместной жизни родителей и их потомства (например у аистов). Замена одного члена семьи на другого проходит в безличной семье незамеченной, так как отсутствует индивидуальное распознавание.

Наряду с этим существуют ЛИЧНЫЕ СЕМЬИ (у диких гусей). «Как ослабление агрессивного отталкивания, так и усиление дружественного притяжения, — пишет Лоренц, — зависит от степени знакомства соответствующих существ... Избирательное привыкание ко всем стимулам, исходящим от персонально знакомого сородича, очевидно, является предпосылкой возникновения любых личных связей и, пожалуй, их предвестником в эволюционном развитии социального поведения. Простое знакомство с сородичем затормаживает агрессивность и у человека».

Личное узнавание сопровождается широким диапазоном чувств и переживаний, которые настолько многогранны, что справедливым кажется афоризм: «Животные — это эмоциональные люди с очень слабым интеллектом». Этология показывает, что в животном мире есть общественная жизнь с такими казалось бы специфическими для человека отношениями, как дружба, любовь и т.п. Высшие животные воспитываются в обществе. Им присущи чувства печали, радости, грусти и т.п. Они переживают не только потерю места, но и потерю друга. Любовь выступает как способ сдерживания агрессии у агрессивных видов, и эволюционно выгодна, так как обеспечивает репродуктивный успех.

Четвертой формой сообществ являются ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ГРУППЫ, которые известны у большого числа видов, начиная от пчел и термитов и кончая нашими ближайшими родственниками в животном мире — обезьянами. Иерархия — принцип организации, без которого не может развиваться упорядоченная совместная жизнь высших животных. Он заключается в том, что каждый в группе знает, кто сильнее и слабее его и ведет себя в соответствии с этим, соблюдая «порядок клевания». Положение в иерархии зависит от размеров, силы, выносливости и агрессивности. Если ввести вещество, повышающее агрессивность, то самец переходит в более высокий ранг. Одно из преимуществ иерархии в том, что она уменьшает агрессивность особей, связанную с питанием, выбором полового партнера и места для выведения потомства.

Управляет иерархией одна особь или «коллегия». Занимающие высокие места в иерархии всегда помогают слабейшим. Иерархия укрепляется, если имеется враг вне группы, на которого может

направляться агрессивность. Социальная иерархия повышает генетическую жизнеспособность сообщества благодаря тому, что наиболее сильные и приспособленные животные имеют преимущество, когда приходит время размножаться.

Муравьи, термиты и пчелы живут колониями, организованными по принципу кастовой системы. «У приматов сообщества довольно гибки в том смысле, что роли между членами группы могут перераспределяться, тогда как роли в сообществах насекомых определяются строением тела и способностью к размножению» (Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор).

Обычно группы мирно уживаются между собой, но есть виды, которые ведут жестокую борьбу, кончающуюся гибелью всех групп, кроме одной — самой большой и агрессивной. Таковы взаимоотношения между кланами вечных спутников человека — крыс. «Трудность по-настоящему успешной борьбы с серой крысой — наиболее успешным биологическим противником человека — состоит прежде всего в том, что крыса пользуется теми же методами, что и человек: традиционной передачей опыта и его распространением внутри тесно сплоченного сообщества» (К. Лоренц).

Изучение конкурирующих кланов заставляет иначе посмотреть на представления о благотворности отбора, сложившиеся еще в XIX в. «Так вот, самое ужасное — и для нас, людей, в высшей степени тревожное — состоит в том, что эти добрые, старые дарвинистские рассуждения применимы только там, где существует какая-то внешняя, из окружающих условий исходящая причина, которая и производит такой выбор. Только в этом случае отбор вызывается приспособлением. Однако там, где отбор производится соперничеством сородичей самим по себе, — там существует... огромная опасность, что сородичи в слепой конкуренции загонят друг друга в самые темные тупики эволюции» (К. Лоренц).

Поведение и гены

С появлением генетики любые данные о животном мире неизбежно сопровождаются вопросом: насколько они генетически оправданы и закреплены? Это стало предметом сформировавшейся в 70-х годах XX в. социобиологии. Основоположник социобиологии — американский ученый Э. Уилсон, выпустивший в 1975 г. книгу «Социобиология: новый синтез». Социобиология представляет собой синтез популяционной генетики, эволюционной теории, этологии и экологии.

Можно выделить следующие исследования, ставшие предтечей социобиологии. У. Гамильтон выявил, что закрепление обществен-

ного образа жизни в двух отрядах — термитов и муравьев, пчел, ос — связано с тем, что у этих животных индивид в среднем содержит 50% одинаковых генов с родителями, братьями и сестрами, а в колониях пчел родство сестер составляет 75%. Особь включает свои гены в следующие поколения через родственников. Вслед за этим наряду с понятием индивидуального отбора введено понятие РОДСТВЕННОГО ОТБОРА, ответственного за взаимопомощь в природе.

Альтруизм может быть результатом рабства или ожидания вознаграждения (вынужденный или взаимный альтруизм). Как установил В. Уинн-Эдварде, если бы скорость размножения животных всегда была максимальной, то популяция очень скоро осталась бы без пищи; поэтому в эволюции происходил отбор тех сообществ, у которых скорость размножения скоррелирована с ресурсами, что обусловлено социальной организацией, и стало быть отбор должен благоприятствовать сообществам с более эффективной социальной организацией. Это объясняет появление понятия ГРУППОВОГО ОТБОРА, при котором взаимопомощь в природе выходит за рамки родственных отношений.

Центральный тезис социобиологии звучит так: **каждая форма социального поведения обязательно имеет генетическую основу, которая «заставляет» индивидов действовать так, чтобы обеспечить успех для себя и сородичей.** С этой точки зрения и агрессия, и страх, который проявляют только что родившиеся особи, представляют собой генетически детерминированные и эволюционно отобранные образцы поведенческих реакций. Объясняя поведение генетической основой, социобиология выявила гены агрессивности, незлобливости, способности ориентироваться в пространстве и т.п.

Социобиология объяснила различия в поведении, обусловленные полом животного. Главное назначение самок — обеспечить выживание потомства. Самка руководствуется одной из двух линий поведения: или генетическими качествами самца или его помощью в заботе о потомстве. Интерес самцов — репродуктивный успех, и в меньшей степени — организация семьи. Таким образом, верность, измена, выбор, по представлениям социобиологов, детерминируются генетически.

Один из спорных моментов социобиологии — выяснение того, что в большей мере — эгоизм или альтруизм — является движущей силой эволюции. В соответствии с точкой зрения, выраженной в книге английского ученого Р. Докинса «Эгоистичный ген», само воспроизводство жизни — функция эгоизма, и все, что эволюционировало, должно было быть эгоистичным. Сторонники этих взглядов должны ответить на вопрос: как объяснить с позиций борьбы за существование широкое распространение альтруистического поведения?

Перед сторонниками второй точки зрения стоит вопрос: как альтруистическое поведение может передаваться из поколения в поколение? Ответ на него к настоящему времени таков. Если одно животное подает сигнал об опасности другим, рискуя своей жизнью, то это поведение может быть сохранено отбором, так как дает преимущества родственным особям, а гены альтруистической особи сохраняются в них. Жала рабочих пчел остаются в теле врага, но и сама пчела гибнет, а африканские термиты в сражении с врагами извергают особый секрет, от которого гибнут сами и их противники. Популяции, в которых индивиды проявляют самопожертвование ради пользы других, оказываются в более выгодных условиях, чем те, члены которых прежде всего заботятся о собственном благополучии.

Социобиология является перспективным научным направлением, главные выводы которой еще впереди.

Вопросы для повторения

1. Каков механизм восприятия?
2. Каков механизм формирования представления?
3. Что такое условный и безусловный рефлекс?
4. Что такое нейтрон, нейтрино и нейрон?
5. Что такое возбуждение и торможение в нейрофизиологии?
6. Чем занимается нейрофизиология?
7. Что такое бихевиоризм?
8. Что изучает социобиология?
9. Что говорит социобиология о генетической детерминации социального поведения?
10. Что такое гены эгоизма и гены альтруизма?
11. Чем отличаются инстинкты от рефлексов?
12. Что такое этология?
13. Назовите формы сообществ живых существ.
14. Перечислите виды научения, свойственные животным.
15. Каковы главные инстинкты, определяющие поведение животных?

Литература к главе 9

1. *Дельгадо Х.* Мозг и сознание. — М., 1971.
2. *Лоренц К.* — М., 1994.
3. *Мир* вокруг нас. — М., 1983.
4. *Тинберген Н.* Поведение животных. — М., 1969.
5. *Тинберген Н.* Социальное поведение животных. — М., 1992.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Как изменились представления о высшей нервной деятельности от И.П. Павлова до наших дней?
2. Что такое психика и зачем она нужна?
3. Что такое условные и безусловные рефлексы?
4. Каков механизм восприятия?
5. Как изучают мозг с помощью электродов?
6. Какая связь между учением И.П. Павлова и кодированием?
7. Что такое инстинкт, научение, запечатление?
8. Каковы основные инстинкты животных с точки зрения этологии?
9. Каково значение агрессии по К. Лоренцу?
10. Как инстинкты связаны между собой?
11. Каково соотношение инстинкта и интеллекта?
12. Каковы формы социального поведения животных?
13. Как можно объяснить альтруизм?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Уже говорилось, что как агрессивность, так и половое влечение складываются из реакций на простые знаковые стимулы, а самка, будучи представителем того же вида, что и самец, помимо стимулов, вызывающих у него половую реакцию, не может не посылать сигналов, провоцирующих агрессивность, при приближении ее к партнеру у того всегда активизируется и враждебность, и сексуальность... Таким образом, в каждом животном одни побуждения точно уравновешивают другие» (Н. Тинберген).

«Если первым, с кем столкнулся гусенок, был человек, птица уже не будет ассоциировать себя с гусями, как бы долго ее ни заставляли жить среди них» (Н. Тинберген).

«Гусята Лоренца сохраняли привязанность к нему даже после того, как начали летать. Ученый не мог присоединиться к ним в воздухе, и они время от времени совершали облеты окружающей территории, частично удовлетворяясь присутствием собратьев. Однако, садясь на землю, изо всех сил бежали к Лоренцу. Однажды, когда Лоренц ехал по дороге на велосипеде, стараясь не отстать от летящих птиц, он, засмотревшись на них, упал в придорожную траву. Гуси немедленно опустились рядом на землю» (Н. Тинберген).

«Все накопленные до сих пор данные приводят к выводу, что сигнальные движения первоначально не обладали знаковой функцией. В каком-то смысле это были "побочные продукты" нервной организации. После появления знаковой функции начался новый этап адаптивной эволюции, ритуализация» (Н. Тинберген).

«Здесь есть матка, стерильные самки (рабочие) и самцы. Рабочие выполняют в сообществе разнообразные обязанности. Некоторые из них собирают нектар, другие — пыльцу. Третьи только строят соты, а четвертые специализируются на заботе о приплоде. Это разделение труда зависит от возраста: каждая рабочая пчела последовательно меняет "профессии"... Жизнь такого сообщества гораздо дольше, чем жизнь каждого составляющего его индивида, и поэтому такие системы называют "государствами". Исходное государство с одной маткой во главе разделяется непосредственно перед выходом из куколки новой матки. Старая матка с роем улетают искать новое место для поселения... Матки некоторых муравьев иногда заходят в гнездо другого вида, убивают всех взрослых муравьев и "усыновляют" приплод; таким путем возникает любопытный феномен "рабовладения"... У термитов самцы и самки играют одинаково важную роль: это — "царская чета". Есть у муравьев и термитов касты, например, каста "солдат"» (Н. Тинберген).

«Сравнение — могучее оружие этологии... По правде говоря, исследователь поведения животных настойчиво ло-

вит себя на том, что примеривает свои открытия к собственному виду. Не входя в подробности, должен признаться, что ту малую толику понимания человеческой натуры, которая у меня есть, я приобрел, наблюдая не только за людьми, но и за птицами и рыбами. Животное словно держит зеркало перед наблюдателем, и — что греха таить — отражение, если его правильно истолковать, иной раз не слишком льстит оригиналу» (Н. Тинберген).

III. Изобразите на доске таблицу.

Способы физиологического воздействия на психику.

А) Непосредственное воздействие на мозговые центры.
Б) Образование условных рефлексов.
В) Генная инженерия.
Г) Евгеника.
Д) Алкоголь и наркотики (опыты с ЛСД).
Е) Кодирование поведения.
Ж) Использование внутренних ресурсов (энергия Кундалини).

Глава 10. СОВРЕМЕННАЯ АНТРОПОЛОГИЯ

Человек как объект естественнонаучного познания

Когда мы говорили о различии естественнонаучного и гуманитарного знания, то определили, что естествознание изучает природу, как она есть, а гуманитарные науки изучают духовные произведения человека. В каком смысле, учитывая такое разделение, можно говорить о человеке как объекте естествознания? В том смысле, что человек тоже естественен: во-первых, по своему происхождению, и, во-вторых, по своей природе, т.е. биологической основе своего существования. Человека можно рассматривать и как физическое тело и как биологическое существо.

В настоящее время в науке утвердилось представление, что ЧЕЛОВЕК — БИОСОЦИАЛЬНОЕ СУЩЕСТВО, соединяющее в себе биологическую и социальную компоненты. С этим можно согласиться, не забывая, во-первых, что человека можно рассматривать и с физической точки зрения и изучать происходящие в нем химические процессы и, во-вторых, что не только человек обладает социальной формой существования, но и многие животные. Более того, с каждый годом этология накапливает все больше данных, свидетельствующих о том, что социальное поведение человека во многом генетически детерминировано.

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

С точки зрения современной науки более точно разделять биологическую предопределенность существования человека и его родовую (собственно человеческую) сущность. Поисками границ между биологическим и специфически человеческим занимается

наука, получившая название социобиологии. Эта наука в применении к изучению человека находится на стыке естественнонаучного и гуманитарного знания.

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

Проблема появления человека на Земле

Как и в вопросе происхождения Вселенной и жизни, существует представление о божественном творении человека. «И сказал Бог: сотворим человека по образу нашему, по подобию нашему... И сотворил Бог человека по образу своему» (Бытие. 1.26, 27). В индийской мифологии мир происходит из первого прачеловека — Пуруши.

Во многих первобытных племенах были распространены представления о том, что их предки произошли от животных и даже растений (на этом основано представление о тотемах); такие верования встречаем у так называемых отсталых народов до сих пор. В античности высказывались мысли о естественном происхождении людей из ила (Анаксимандр). Тогда же заговорили о сходстве человека и обезьяны (Ганнон из Карфагена).

В настоящее время в связи с ажиотажем вокруг НЛО в моду вошли версии о происхождении человека от внеземных существ, посещавших Землю, или даже от скрещивания космических пришельцев с обезьянами.

Но в науке с XIX в. господствует вытекающая из теории эволюции Дарвина концепция происхождения человека от высокоразвитых предков современных обезьян. Она получила в последнее время генетическое подтверждение, поскольку из всех животных по генетическому аппарату ближе всего к человеку оказались шимпанзе.

Сходство человека и животного и различия между ними

Прежде чем говорить о времени появления человека мы должны выяснить вопрос об отличии человека от животного, поскольку именно представление о том, что такое человек, формирует выводы о его становлении. Сначала о сходстве человека и животного. Оно определяется, во-первых, веществ
ственным составом, строением и поведением организмов. Человек состоит из тех же белков и нуклеиновых кислот, что и животные, и многие структуры и функции нашего тела такие же, как и у животных. Чем выше на эволюционной шкале стоит животное, тем больше его сходство с человеком. Во-вторых, человеческий зародыш проходит в своем развитии все стадии эволюции человека. И, в-третьих, у человека имеются рудиментарные органы, которые выполняли важные функции у животных и сохранились у человека, хотя не нужны ему (например аппендикс).

Однако и отличия человека от животных фундаментальны. К ним прежде всего относится разум. Что это такое? Изучение высших животных показало, что они обладают многим из того, на что раньше считались способны только люди. Эксперименты с обезьянами показали, что они могут понимать слова, сообщать с помощью компьютера о своих желаниях, и с ними можно вести таким образом диалог. Но чем не обладают самые высшие животные, так это способностью к ПОНЯТИЙНОМУ МЫШЛЕНИЮ, т.е. к формированию отвлеченных, абстрактных представлений о предметах, в которых обобщены основные свойства конкретных вещей. Мышление животных, если о таковом можно говорить, всегда конкретно; мышление человека может быть абстрактным, отвлеченным, обобщающим, понятийным, логичным.

Чем выше способность к понятийному мышлению, тем выше интеллект человека. Оценить действительное значение разума помогает, в частности, соперничество человека с шахматным компьютером, который пытается выиграть за счет громадных скоростей перебора всех возможных вариантов.

Этология получает все больше данных о том, что в поведении человека и животных много схожего. Животные испытывают чувства радости, горя, тоски, вины и т.п.; у них есть любопытство, внимание, память, воображение. Тем не менее остается справедливым, что хотя животные имеют очень сложные формы поведения и создают изумительные произведения (например паутина, которую ткет паук), человек отличается от всех животных тем, что до начала работы имеет план, проект, модель постройки. Благо-

даря способности к понятийному мышлению, человек СОЗНАЕТ, что он делает, и ПОНИМАЕТ мир.

Вторым главным отличием является то, что человек обладает РЕЧЬЮ. Опять-таки, у животных может быть очень развитая система общения с помощью сигналов (что, кстати, позволило говорить о «цивилизации дельфинов»). Но только у человека есть то, что И.П. Павлов назвал второй сигнальной системой (в отличие от первой — у животных) — общение с помощью слов. Этим человеческое общество отличается от других общественных животных.

Что такое слово? Это видовой признак человека, который состоит в непосредственном доступе нашего сознания к высшему организующему началу бытия, к последнему звену восходящей цепочки мировых принципов, начинающейся с точного подбора физических констант. Так утверждает один из современных методологов науки, выводящий значение слова из утверждения, которым открывается одно из Евангелий: «В начале было Слово». С этих позиций и разум и слово появились задолго до человека, а не изобретены им. Они организовали биологическую материю, а затем были вложены в человека, что соответствует не только библейским текстам, но и философским системам Платона и Гегеля.

В естествознании же, пытающемся выяснить естественные причины человеческих способностей, известна гипотеза происхождения речи из звуков, произносимых при работе, которые потом становились общими в процессе совместного труда. Сначала появились корни глаголов, соответствующие определенным видам деятельности, затем другие части слова и речи. Такова суть гипотезы немецкого антрополога М. Мюллера. Таким же путем в процессе общественного труда постепенно мог возникнуть разум.

Способность к труду — еще одно фундаментальное отличие человека от животных. Конечно, все животные как-то действуют, а высшие животные способны к сложным видам деятельности. Обезьяны, например, используют палки в виде орудий для доставания плодов. Но только человек способен ИЗГОТОВЛЯТЬ, ТВОРИТЬ ОРУДИЯ ТРУДА. С этим связаны утверждения, что животные приспосабливаются к окружающей среде, а человек преобразует ее, и что в конечном счете труд создал человека.

Со способностью к труду соотносятся еще два отличительных признака человека: ПРЯМОХОЖДЕНИЕ, которое освободило его руки, и, как следствие, РАЗВИТИЕ РУКИ, особенно большого пальца на ней. Наконец, еще два характерных признака человека, повлиявших на развитие культуры — ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОГНЯ и ЗАХОРОНЕНИЕ ТРУПОВ.

Главные отличия человека от животных — понятийное мышление, речь, труд — стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

Антропология

В широком смысле «антропология» — наука о человеке (от греч. «антропос» — человек). Но так как человек— объект изучения множества наук, как естественных, так и гуманитарных, то за антропологией в узком смысле осталась проблема происхождения человека и определения специфики его строения и эволюции.

Бурное развитие антропология получила во второй половине XIX в. после создания Ч. Дарвиным теории эволюции. Э. Геккель выдвинул гипотезу о существовании в прошлом промежуточного между обезьяной и человеком вида, который он назвал питекантропом (букв. «обезьяночеловек»). Он же предположил, что не современные обезьяны были предками человека, а дриопитеки («древесные обезьяны»), которые жили в середине третичного периода (70 млн лет назад). От них одна линия эволюции пошла к шимпанзе и гориллам, другая — к человеку. Около 20 млн лет назад под влиянием похолодания джунгли отступили и одной из ветвей дриопитеков пришлось спуститься с деревьев и перейти к прямохождению («рамопитеки», остатки которых найдены в Индии и названы в честь бога Рамы).

В 1960 г. английский археолог Л. Лики открыл в Восточной Африке «человека умелого»; возраст которого 2 млн лет. Объем его мозга составлял 670 куб. см. В этих же слоях были обнаружены предположительно изготовленные им орудия труда из речной гальки, заостренной при помощи нескольких сколов. Позже на озере Рудольф в Кении были найдены останки существ того же типа возрастом 5,5 млн лет. Наличие явно сделанных им орудий труда (если по этому факту судить о становлении человека) дали основание считать его возраст более солидным.

После этого укрепилось мнение, что именно в Восточной Африке в четвертичном периоде кайнозойской эры произошло разделение человека и человекообразных обезьян (не ранее, так как гены тех и других слишком сходны). Именно тогда разошлись эволюционные линии человека и шимпанзе. Эти выводы подтверждены измерениями по так называемым молекулярным часам. Скорость изменения генов за счет точечных мутаций (изменений отдельных пар оснований ДНК) устойчива на протяжении долгих периодов времени, и ее можно использовать для датирования отхождения данной эволюционной ветви от общего ствола.

Что было причиной появления человека конкретно в этом месте? В Восточной Африке отмечены выходы урановых пород и зафиксирована повышенная радиация, что, как доказано генетикой, вызывает мутации. Таким образом, здесь эволюционные изменения могли протекать более быстрыми темпами. Возникший вид, физически более слабый, чем окружение, должен был, чтобы выжить, начать изготовлять орудия, вести общественный образ жизни. Все это способствовало развитию мозга, разума, как мощного инструмента слабого от природы существа, не обладающего достаточными естественными органами защиты.

«Человека умелого» относят к австролопитекам (букв. южная обезьяна), остатки которого впервые найдены в Африке в 1924 г. Объем мозга австралопитека не превышал объема мозга человекообразных обезьян, но по-видимому, этого было достаточно для создания орудий труда. Вооружившись таким образом, австралопитек преодолевал противоречия между своей естественной слабостью и опасным существованием.

В 1891 г. на острове Ява были обнаружены останки ископаемого человека — питекантропа, существование которого было предсказано Э. Геккелем. Эти существа, жившие 0,5 млн лет назад, имели рост более 150 см, объем мозга примерно 900 куб. см. Они использовали ножи, сверла, скребки, ручные рубила. В 20-е годы XX в. в Китае был найден синантроп («китайский человек») с близким к питекантропу объемом мозга. Он использовал огонь и сосуды, но еще не обладал речью.

В 1856 г. в долине Неандерталь в Германии были найдены останки существа, жившего 150–40 тыс. лет назад; его назвали неандертальцем. Он имел объем мозга, сравнимый с мозгом современного человека; у него был покатый лоб, мощные надбровные дуги, низкая черепная коробка. Неандерталец жил в пещерах, охотился на мамонтов. Умерших соплеменников неандертальцы хоронили. Это было отмечено впервые у человекоподобных существ.

Наконец, в пещере Кро-Маньон во Франции в 1868 г. были открыты останки существа, близкого по облику и объему черепа (до 1600 куб. см.) к современному человеку, имевшему рост 180 см. Возраст его определен в 40–15 тыс. лет. Это был «человек разумный».

В ту же эпоху появились расовые различия. У изолированных групп складывались особые признаки (светлая кожа у «белых» и т.п.).

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

У. Хавеллз утверждает, что человек современного типа возник 200 тыс. лет тому назад в Восточной Африке. Эта гипотеза получила название «Ноева ковчега», потому, что по Библии все расы и народы произошли от трех сыновей Ноя — Сима, Хама и Иафета. В соответствии с этой версией питекантроп, синантроп и неандерталец — не предки современного человека, а различные группы гоминид (человекообразных существ), вытесненных «человеком прямоходящим» из Восточной Африки. В пользу данной гипотезы свидетельствуют генетические исследования, которые не всеми антропологами и палеонтологами признаются надежными.

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

Какая из этих гипотез справедлива, сказать пока невозможно, так как палеонтологическая летопись неполна и промежуточные виды между человеком и обезьянами до сих пор до конца не известны.

Эволюция культуры

Помимо эволюции человека как биологического вида, можно говорить об эволюции культуры. Была предложена шкала, которая основывалась на материале орудий, созданных и применяемых человеком.

Выделен КАМЕННЫЙ ВЕК — эпоха применения каменных орудий, а в его пределах ПАЛЕОЛИТ (древнекаменный век) и более дробно:

нижний палеолит (австралопитек и «человек прямоходящий») — преобладание галечных орудий, ручных рубил и чопперов (больших галечных орудий, оббитых с одной стороны);

средний палеолит (неандерталец) — преобладание орудий на отщепах (отколотых частях камня, являющихся заготовкой для более сложных орудий);

верхний палеолит (от 38 тыс. лет) — появление пещерного искусства у «человека разумного».

В МЕЗОЛИТЕ (среднекаменном веке) преобладал охотничье-собирательный тип общественного устройства.

Важное событие произошло в НЕОЛИТЕ (новокаменный век) 9–6 тыс. лет тому назад, получившее название неолитической революции — одомашнивание диких животных, переход к выращиванию растений и оседлому образу жизни (свайные постройки). Из охотничье-собирательного хозяйство превратилось в производящее скотоводческо-земледельческое. Виды домашних животных и культурных растений, выведенные с помощью искусственного отбора и гибридизации, гончарное производство, ткачество, металлургия и другие результаты неолитической революции широко используются и поныне.

Следующие стадии культуры сведены в так называемую систему трех веков — медный, бронзовый, железный. Они имели каждый свою датировку, но потом выяснилось, что это скорее стадии развития отдельной культуры, и их время зависит от времени развития данной культуры. Последовательность смены «веков» не везде соблюдается и в целом данная схема ныне признается неудовлетворительной, хотя ничего лучшего пока не предложено.

Развитие цивилизации, по А. Тойнби, идет через подражание. Это соответствует гипотезе, что способность к имитации поведения других видов имела большое значение на ранних стадиях человеческой эволюции для «вписывания» человека в природу и установления гармоничных отношений с ней. Способность к имитации, доставшаяся от обезьян, послужила основой социального развития человека. Р. Дикинс ввел понятие «мим» — единица подражания. Примерами «мимов» являются мотивы, идеи, фразы, моды, способы создания вещей или частей здания.

В так называемых традиционных обществах, по Тойнби, подражают старшим, и такое общество консервативно и мало способно к развитию. В «прогрессивных обществах», подражают талантливым, и такое общество способно к более быстрому развитию. Понятие прогресса применимо только к эволюции в целом. Отдельные общества могут регрессировать по своему духовному и культурному уровню (пример: аборигены Австралии), возможно, из-за доступности пищи и более легких условий существования, которые препятствуют совершенствованию.

Для нормального развития, по Тойнби, необходимы кризисы, которые требуют напряжения сил для адекватного ответа на вызов ситуации. Человек достигает цивилизованного состояния не вследствие биологических дарований (наследственности) или легких условий географического окружения, а в процессе удачного реагирования на вызов в ситуации особой трудности, воодушевляющей на

беспрецедентное усилие. Прогресс общества определяется, таким образом, ответом на вызов объективных условий существования.

Вклад социобиологии в изучение человека

«Социобиология изучает биологические основы всех форм общественного поведения, включая человека», — писал основоположник социобиологии Э. Уилсон. Как нейрофизиология стремится объяснить физиологические основы мышления, так социобиология — биологические основы эволюции человека.

Человек — существо социальное. Сущность человека, как определяет философия,— совокупность общественных отношений. Проблема выделения сущности человека есть проблема разграничения животного и собственно человеческого. Первое изучает естествознание, второе — гуманитарные науки. Социобиология занимает место на стыке этих двух групп наук.

В применении к человеку социобиология — наука о социальной организации, выявляющая сходство между социальным поведением человека и животных и механизмы генетической детерминации социального поведения человека. Социобиология рассматривает человека как существо, состоящее из двух частей: биологической и социальной. Задача социобиологии — создание «биограммы человека», т.е. максимально полного описания природно-биологических основ его жизнедеятельности с тем, чтобы объяснить эволюцию культуры изменениями на биоуровне. Проблема взаимосвязи природного и социального в человеке обозначается как проблема генно-культурной коэволюции.

Социобиология изучает коэволюцию человека. Ее основная идея заключается в том, что «человек разумный» есть обычный биологический вид с генетически разнообразным поведением. У человека, как любого другого вида жизни, не может быть целей, которые возникали бы вне его собственной биологической природы. Поэтому социобиология отрицательно отвечает на вопрос: «Может ли культура изменять поведение человека, приближая его к альтруистическому совершенству?»

У человека есть врожденная способность к взаимопомощи и общительности как основе морали. В той степени, в которой эта способность наследуется, она социобиологична; в той, в которой приобретается в процессе жизни и воспитания — социокультурна. Проблема в том, может ли влияние цивилизации (искусственный свет и т.п.) переходить на генетический уровень и становиться фактором искусственного отбора или происходит только социальное наследование культуры.

Генетика вкупе с социобиологией изучает вопрос о том, существуют ли гены эгоизма, альтруизма, т.е. наследуются ли черты характера или они социально обусловлены воспитанием. Под генетическую детерминацию попадает инцестовое торможение, конфликт отцов и детей, война, территориальность, различная ориентация полов, страх детей перед чужими людьми и т.д. Стремление сохранить свой престиж и достоинство также врожденно. Социобиология утверждает, что скоро в нашей власти будет определять многие из генов, которые обусловливают поведение.

Мышление, с точки зрения социобиологии, свободно от генетического влияния, но интеллект обеспечил способность человеческих генов к выживанию. «Противоразумное возникает лишь в случае нарушения какого-либо инстинкта», — подчеркивал К. Лоренц. Бихевиоризм утверждает все же, что поведением человека, как и животных, можно управлять, а разум лишь инструмент ориентации в мире. Этот вопрос дискуссионный в современной науке и окончательного решения по нему нет.

Этология и человек

Этология еще до социобиологии показала, что в человеке много свойственного животным. Агрессивность человека соответствует агрессивности животных, а садизм имеет корни в инстинкте агрессии. Как и в животном мире, агрессивность больше присуща мужчинам. Отбор в результате только внутривидовой борьбы, как считают этологи, может быть отрицателей для вида, а он играет все большую роль для человека, стимулируя войны и экологический кризис. «Есть веские основания считать внутривидовую агрессию наиболее серьезной опасностью, какая грозит человечеству в современных условиях культурно-исторического и технического развития», — предостерегает К. Лоренц.

Как преодолевается эта опасность в животном мире? «Полезный, необходимый инстинкт вообще остается неизменным; но для особых случаев, где его проявление было бы вредно, вводится специально созданный механизм торможения. И здесь снова культурно-историческое развитие народов происходит аналогичным образом; именно потому важнейшие требования Моисеевых и всех прочих скрижалей — это не ПРЕДПИСАНИЯ, а ЗАПРЕТЫ». Христос запретил противиться злому. Отказ от борьбы известен и у животных.

Вера в божественность каких-либо установлений основана на возникновении инстинкта в результате генетического закрепления повторения определенных действий. «Образование ритуалов посредством традиций безусловно стояло у истоков человеческой культуры,

так же как перед тем, на гораздо более низком уровне, филогенетическое образование ритуалов стояло у зарождения социальной жизни высших животных», — читаем у К. Лоренца в книге «Агрессия». Борьба в животном мире ведется по определенным правилам, и некоторые виды спорта напоминают ритуальные бои самцов.

Агрессивность нельзя исключать, избавляя людей от раздражающих ситуаций, или наложив на нее моральный запрет, или с помощью генетической инженерии, так как она выполняет биологически положительную роль и все инстинкты связаны между собой (даже смех связан с агрессивностью). Необходима переориентация того, что Лоренц называет «воодушевлением» и «объективное физиологическое исследование возможной разрядки агрессии в ее первоначальных формах на эрзац-объекты». Необходимо также общее дело и улучшение общего культурного образования для создания как можно большего количества «идентификаций» («спасение могут принести ценности, которые кажутся далекими от борьбы и от политики как небо от земли». Спорт, искусство, наука, смех выступают как необходимый тормозящий механизм агрессии по отношению ко всем людям и всей природе. Важна и борьба с грехами, потому что на это уходит энергия.

В работе «Человек находит друга» Лоренц формулирует биологический вариант категорического императива Канта: «Могу ли я возвысить законы, управляющие моими поступками, до ранга общего закона природы или результат окажется противоречащим рассудку?» Этологический императив звучит так: «Поступай так, чтобы твое поведение как разумного существа соответствовало законам природы».

Однако полной аналогии между поведением человека и животных не может быть именно потому, что человек не только биологическое существо. У дикого животного в естественных условиях не возникает конфликта между его внутренними склонностями и тем, что оно «должно» делать, — вот эту-то райскую гармонию и потерял человек. Более высокий интеллект обеспечил человеку культурное развитие, и, главное, принес с собой дар речи, способность отвлеченно мыслить, накапливать и передавать от поколения к поколению запасы знаний. В результате историческое развитие человека происходило в сотни раз быстрее, чем чисто органическое, филогенетическое развитие прочих живых существ. Однако инстинкты человека, его врожденные реакции по-прежнему связаны с намного более медленным органическим развитием и отстают от его культурно-исторического развития. Естественные склонности

уже не вполне укладываются в рамки человеческой культуры, в которых их практически заменил интеллект.

Животные гораздо более жестко реагируют на стимулы, чем человек. Еще одно из отличий человека от животных — способность к высоким порядкам предсказания. Большее значение, чем у животных, имеет у человека обучение и все, связанное с ним.

«У многих высших животных, особенно у низших и человекообразных обезьян, групповое поведение взрослых особей в большой степени зависит от того, каковы были их отношения с матерью в пору детства. Нормальная материнская любовь, выражающаяся в полноценном уходе за детенышем, во всей ее глубине и сложности необходима для последующего развития многих форм общения с сородичами. Полученные в клиниках данные свидетельствуют о том, что и у человека дело обстоит сходным образом» (Н. Тинберген. Поведение животных).

Для того, чтобы что-то выучить, нужен интерес к этому. Способом его повышения служит игра. Потребность к игре, по Лоренцу, свойственна только наиболее психически развитым из всех живых существ: «Не случайно игра представляется нам более высоким видом деятельности, чем соответствующие ей серьезные типы поведения, назначение которых — сохранять жизнь вида». «В игре — особенно у молодых животных — всегда присутствует элемент открытия. Игра типична для развивающегося организма».

Современная психология утверждает, что человеку присуще в качестве его фундаментальной черты стремление к новому как способу обучения, причем мужчинам в большей степени, чем женщинам. В создании новых ситуаций видят суть искусства. Это результат развития того, что в слабой форме свойственно и животным.

В процессе общения человеческий разум в какой-то степени передается домашним животным. Собаки понимают отдельные фразы и могут читать мысли хозяев. Но рост интеллекта у домашних животных сопровождается угасанием инстинктов. Сопоставляя разум и инстинкт, следует признать, что наличие интеллекта не позволяет считать человека абсолютно приспособленным видом. «Выигрыш, достигнутый человеком благодаря большему размеру и большей сложности мозга, частично сводится на нет тем обстоятельством, что за один раз можно эффективно использовать лишь часть мозга. Возникает любопытная мысль, что, быть может, мы стоим перед одним из тех природных ограничений, когда высококвалифицированные органы достигают уровня нисходящей эффективности и в конце концов приводят к угасанию вида. Быть может, человеческий мозг продвинулся так же далеко к этой губительной специализации, как большие носовые рога последних титанотериев» (К. Лоренц. Агрессия).

К этому добавляются опасения, что в человеческом обществе ослаблен естественный отбор (благодаря, в частности, заботе о менее приспособленных и выживании больных), помогавший эволюции наших предков. Каких бы успехов ни достигало человечество, это всегда сопровождалось пессимистическими высказываниями о том, что оно находится на пути вырождения и вообще представляет собой тупиковую ветвь эволюции.

Этнология

Поскольку многие различия между людьми — национальные, расовые, половые — являются естественными, постольку общественные объединения по этим признакам можно рассматривать с естественнонаучной точки зрения. Одной из таких наук является этнология с основным для нее понятием этноса. ЭТНОС в отличие, скажем, от используемого в гуманитарных науках понятия нации, представляет собой объединение людей главным образом по национальному (т.е. в большей степени естественному, чем культурному) признаку.

Известным этнологом нашего времени является русский ученый Л.Н. Гумилев. Если судить по книжным развалам, то он едва ли не единственный из серьезных ученых, работы которого широко издаются в нашей стране. Этнология, по Гумилеву, естественная наука. Если З. Фрейд пытался объяснить действия индивидов психической энергией, то Гумилев объясняет социальное развитие воздействием энергии Солнца.

Солнце посылает импульсы, они приводят к так называемому пассионарному толчку. Объясняя это, Гумилев высказывает следующую гипотезу. При снижении солнечной активности защитные свойства ионосферы снижаются и отдельные кванты или пучки энергий могут пролететь невысоко над земной поверхностью; их жесткое излучение, как известно, вызывает мутации.

Механизм эволюции этносов, предложенный Гумилевым, близок синергетическому: воздействие извне (солнечное излучение), появление «пассионариев», точка бифуркации, становление и развитие этноса. «Пассионарии» Гумилева — это как бы центры кристаллизации, если воспользоваться примером Пригожина о превращении воды в лед.

По Гумилеву, пассионарный толчок приводит к появлению некоторого числа энергетичных (пассионарных) личностей, а они, индуцируя пассионарность, формируют этнос, ведя всех людей за собой.

Этногенез включает следующие этапы:

Этап 1. Подъем — динамичная (завоевательная) фаза. Основной лозунг фазы подъема — «интересы этноса важнее всего». Главное для индивидуума — долг перед обществом. Часты войны; ведется интенсивное преобразование природы, которая страдает все же в меньшей степени.

Этап 2. «Перегрев», надлом — акматическая фаза (от франц. акмэ — «вершина»). Этнос достигает своей высшей точки силы, после которой начинается спуск вниз.

Этап 3. Переход в нормальное состояние. Главным становится лозунг «будь самим собой», процветает индивидуализм; льется кровь, но культура развивается, и в ней каждый проявляет свою индивидуальность; растранжириваются богатства и слава, накопленные предками; природа приходит в стабильное состояние в пассионарных странах, но разрушается в странах захваченных.

Этап 4. Обскурация — фаза затухающих колебаний. Лозунг фазы обскурации — «будь, как все», «мы устали от великих». Возрастная болезнь — убийство лучших по личным качествам. Каждый думает о себе. Продолжается рост культуры и накопление материальных ценностей. Этнос достигается гомеостаза. Природа или консервируется или деградирует (в этом случае этнос гибнет). При исключительном упадке пассионарности природа восстанавливается.

В конце развития этноса — футуристическое восприятие времени, забвение прошлого и настоящего ради будущего, приводящее к губительным восстаниям и крушению. Гибель через 1200 лет настигает этнос под слиянием собственного разложения или нашествия других более молодых и энергичных этносов. Последние стадии— мемориальная (остается только память как совокупность того, что было познано) и реликтовая (память исчезает). Концепция Гумилева объясняет сказания о героях в фольклоре всех народов как воспоминания о светлой поре возникновения и мощи этноса.

Социальная экология

Экология, о которой речь шла выше, может рассматриваться как модель взаимодействия человека с окружающей средой, поскольку человек — единство биологического и социального. В широком смысле слова к экологии относится все, что включено в систему отношений «человек — природа», и, стало быть, эта наука лежит на стыке естественных, технических и гуманитарных наук.

Человек находится в самых разнообразных связях с окружающей средой — вещественных, энергетических, информационных. Они меняют и самого человека, и природу. Русский ученый А.Л. Чижевский выявил огромное воздействие на человека Солнца. Кривая распределения острых сердечных приступов во времени точно соответствует графику изменений солнечной активности. Свойства крови зависят от солнечного облучения. При возрастании активности Солнца увеличивается число красных кровяных телец и уменьшается число белых. Человек — живые солнечные часы.

Если животные преимущественно приспосабливаются к среде, то человек активно преобразует ее. В.И. Вернадский обосновал положение, что лик современной Земли сформирован человеком и выявил тем самым его геологическую роль. Деятельность человека вызывает циклическое движение основных химических элементов в масштабах, сопоставимых с естественными циклами этих элементов.

Среди современных направлений, изучающих взаимодействие между человеком и природой, можно выделить глобальную экологию, экологию человека и социальную экологию.

Основная задача глобальной экологии, по М.И. Будыко, — разработка прогнозов возможных изменений биосферы в целом под влиянием антропогенной деятельности. ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ берет начало от метеорологии и от существующей в этой науке численных моделей атмосферных процессов, применяемых для построения теории климата. В настоящее время ее предмет простирается до изучения системы взаимоотношений человека и природы в масштабе всей планеты.

Другим направлением является ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. Она рассматривает экологические отношения под углом зрения изучения организма человека и его адаптационных возможностей. Опасность для современного человека заключается, во-первых, в том, что он не обладает гомеостазом, соответствующим всем его нуждам. Так, он не приспособлен к радиации, поскольку защитный механизм боли, являющийся наиболее общим предупреждающим сигналом (ибо он сообщает о необходимости нашего сознательного вмешательства) не реагирует на радиоактивное облучение. Опасность и в том, что, несмотря на огромные адаптационные возможности человека в сравнении с другими видами жизни, они все-таки не поспевают ныне за изменениями окружающей среды.

Наконец, к третьему направлению исследований взаимоотношений человека и природы относят СОЦИАЛЬНУЮ ЭКОЛОГИЮ.

Социальная экология изучает эти взаимоотношения под углом зрения воздействия общества на среду. Она должна ответить на вопрос, почему развитие общества привело к экономическому кризису. Экология утверждает, что уменьшение биологического разнообразия опасно для устойчивости экосистем, а человек, думая о повышении продуктивности, нарушает основные закономерности развития экосистем (например, так называемые вредители сельского хозяйства, с которыми борется человек, как раз важны с точки зрения разнообразия и устойчивости экосистем). Человек стремится взять как можно больше от природы, а природа стремится не к максимальной продуктивности, а к максимальной устойчивости.

Имея свои специфические родовые качества, человек должен бороться с природой. Но в этой борьбе не может быть победителей, потому что человек является частью биосферы, и, уничтожая природу, человек губит себя, не замечая этого, как он не замечает радиоактивного облучения.

Разнообразие экосистем уменьшается человеком и с целью облегчения управления ими, но при превышении определенной меры это грозит экологической катастрофой. Конкуренция человека с другими видами жизни не ведет, как полагали А. Смит и К. Лейбниц, к автоматической гармонии. Как рыночные внутрисоциальные отношения не являются гомеостатическим механизмом, так и отношения человека с природой предполагают сознательное регулирование с целью их гармонизации.

Есть предположения, что как в живой природе достигается гомеостаз численности популяции в среде, так должно быть и в человеческом обществе. Называют цифры от 1 млрд до 12–20 и даже 700 млрд. Важно, конечно, не только то, сколько людей живет на Земле, но и то, каковы их качества. Для преодоления экологического кризиса необходим отказ от потребительской ориентации и изменение науки, техники, человеческих ценностей.

Наука и техника создают инструменты господства над природой, но они необходимы и для того, чтобы защитить ее. Изменения в научно-технической сфере должны касаться как целей, так и методологии, поскольку в социальной экологии, как и в квантовой механике, уже нельзя разделить субъект и объект (человек и природа представляют собой единую систему).

Изменение ценностей требует совершенствования чувства «благоговения перед жизнью» и любви к природе. Можно ли любить природу в целом? По Лоренцу, только так и можно. «У того, кто любит природу истинной любовью, наибольший восторг и благоговение вызывает бесконечное разнообразие живых существ и бесчисленные способы, которыми природа создает совершенные гармонии».

Ноосфера

Существуют два понимания ноосферы: сфера господства разума (Фихте как провозвестник ноосферы в этом смысле); сфера разумного взаимодействия человека и природы (по Тейяру де Шардену и Вернадскому). Мы будем понимать ноосферу во втором смысле.

НООСФЕРА, по Тейяру де Шардену, — это коллективное сознание, которое станет контролировать направление будущей эволюции планеты и сольется с природой в точке Омега, как раньше образовывались такие целостности, как молекулы, клетки и организмы. «Мы беспрерывно прослеживали последовательные стадии одного и того же великого процесса. Под геохимическими, геотектоническими, геобиологическими пульсациями всегда можно узнать один и тот же глубинный процесс — тот, который, материализовавшись в первых клетках, продолжается в созидании нервных систем. Геогенез, сказали мы, переходит в биогенез, который в конечном счете не что иное, как психогенез... Психогенез привел нас к человеку. Теперь психогенез стушевывается, он сменяется и поглощается более высокой функцией — вначале зарождением, затем последующим развитием духа — ноогенезом» (П. Тейяр де Шарден. Феномен человека).

В «Кибернетике» Н. Винер вспомнил о воззрении Лейбница на живой организм «как на некое сложное целое, где другие живые организмы (например кровяные тельца) ведут собственную жизнь. Клетки обладают многими, если не всеми свойствами независимых живых организмов». «По степени целостности жизнь сообщества может вполне приближаться к уровню, характерному для поведения отдельной особи». На базе таких холистических представлений и созданы гипотеза Геи-Земли и концепция коэволюции.

Вернадский развил концепцию ноосферы как растущего глобального осознания усиливающегося вторжения человека в естественные биогеохимические циклы, ведущего, в свою очередь, ко все более взвешенному и целенаправленному контролю человека над глобальной биогеохимией.

Концепция ноосферы напоминает натурфилософские системы или сциентистские утопии. Становление ноосферы — возможность, но не необходимость. Ценность этой концепции в том, что она дает конструктивную модель вероятного будущего, а ее ограничен-

ность в том, что она рассматривает человека как прежде всег разумное существо, тогда как индивидуум и тем более общество целом редко ведет себя по-настоящему разумно. «Подобно волчье стае — будем надеяться, все же в меньшей степени — государств глупее, чем большинство его членов» (Н. Винер). Пока челове чество движется отнюдь не к ноосфере, которая остается одной и научных гипотез. «Самая суть понятия ноосферы — вера в призва ние людей, которые должны изменить биосферу с помощью на уки и техники» (П. Тейяр де Шарден). Но склонность к вер выходит за пределы разума.

Вопросы для повторения

1. Когда на Земле появился человек?
2. Каковы сходства и отличия человека от животных?
3. Чем различаются «человек умелый», «человек прямоходящий», «человек разумный»?
4. Какова концепция эволюции этносов Л.Н. Гумилева?
5. Что изучает социобиология?
6. Что говорит социобиология о генетической детерминации социального поведения человека?
7. Что такое гены эгоизма и гены альтруизма?
8. Что может сказать этология о поведении человека?
9. Что такое экология в широком смысле слова?
10. Чем социальная экология отличается от глобальной экологии и экологии человека?
11. В чем смысл концепции ноосферы?
12. Каков научный статус этой концепции?

Литература к главе 10

1. *Брей У., Трамп Д.* Археологический словарь. — М., 1990.
2. *Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере / Русский космизм. — М., 1993.
3. *Гумилев Л.Н.* Этногенез и биосфера Земли. — М., 1992.
4. *Лоренц К.* Агрессия. — М., 1994.
5. *Лоренц К.* Человек находит друга. — М., 1971.
6. *Тейяр де Шарден П.* Феномен человека. — М., 1987.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Каковы отличия человека от животных и как они повлияли на становление и развитие науки?
2. Что такое разум и речь?
3. Почему стали использовать понятия «человек умелый», «человек разумный»?
4. Что значит изготавливать орудия, трудиться?
5. Благодаря чему первобытный человек мог сосуществовать с окружающей средой?
6. Что такое этнос?
7. Кто такие пассионарии? В чем их значение в развитии этноса?
8. Какие основные этапы проходит эволюция этноса, по Гумилеву?
9. Чем различаются «человек умелый», «человек прямоходящий», неандерталец, «человек разумный»?
10. Какие достижения естествознания помогли обосновать концепцию ноосферы? Почему она так называется?
11. Что внесла этология в изучение человека?
12. Что внесла социобиология в изучение человека?
13. В чем разница между глобальной экологией, социальной экологией и экологией человека?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Ты убил быка и впустил Смерть в джунгли, а вместе со Смертью пришел Страх, и потому Народы Джунглей теперь боятся один другого» (Р. Киплинг).

«У людей нет ни когтей, ни зубов, оттого они и делают вот такие штуки и даже хуже (о бодиле для слонов — *прим. авт.*» (Р. Киплинг).

«Засыхает трава, увядает цвет, когда дунет на него дуновение Господа: так и народ — трава» (Исайя. 40,7).

«Таким образом, одним из необходимых условий для возможности правильного психического взаимодействия является наличность одинакового проявления одинаковых психических переживаний различными членами группы» (П. Сорокин).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Происхождение человека и этносов.

Мутации в местах скопления урановых руд, труд и естественный отбор:

человек умелый	5,5 млн лет
человек прямоходящий (в Восточной Африке)	0,5–1 млн лет
Неандерталец	40–150 тыс. лет
человек разумный	15–40 тыс. лет

Пассионарный толчок → Появление пассионариев → Новый этнос → Динамичная (завоевательная) фаза развития → Переход в нормальное состояние → Фаза затухающих колебаний → Гомеостаз → Гибель через 1200 лет под влиянием собственного разложения и нашествия других этносов.

2. Гипотеза происхождения человека Б.Ф. Поршнева.

Раздражители → Безусловный рефлекс → Дополнительный раздражитель → Условный рефлекс (по Павлову) → Гормозная динамика (по Ухтомскому) → Неадекватный рефлекс (через перевозбуждение тормозной доминанты) → Интердикция через внушение (Передача неадекватного рефлекса) → Имитация (имитативный рефлекс) → Активное внушение (суггестия) → Слово как интердикция и торможение рефлексов и раздражителей (контрсуггестия).

«Интердикция I: генерализованный тормоз, т.е. некий единственный сигнал (не обязательно думать, что он звуковой: вероятнее, что это движение руки), тормозящий у другой особи, вернее, у других особей, любое иное поведение, кроме имитации этого сигнала. Интердикция II: некий сигнал, специально тормозящий этот генерализированный тормоз («интердикцию I»), вызывая имитацию на себя, т.е. провоцируя ту деятельность, которая служит тормозной доминантой для действия «интердикция I». (Б.Ф. Поршнев).

3. Этапы становления ноосферы.

Геогенез (молекулы) → Биогенез (клетки) → Психогенез (нервная система) → ноогенез (ноосфера) → точка Омега.

4. Сходства и отличия человека от животных.

А. Сходства:

Способность испытывать все чувства (любопытство, внимание, память, воображение, подражание, радость, тоска, любовь и т. д.).

Сходство в строении и функциях тела.

Сходство генетического аппарата.

Сходство признаков зародыша и его развития.

Наличие рудиментарных (унаследованных от животных) органов (аппендикс)

Б. Отличия:

Разум (абстрактное понятийное мышление)

Речь (слово)

Прямохождение и освобождение и развитие руки.

Способность создавать орудия, труд и общественное производство.

Использование огня.

Захоронение трупов.

Сложные и разнообразные формы адаптации и социальной жизни.

Глава 11. МОЗГ, СОЗНАНИЕ, БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ

Изучение мозга человека

Некоторые из современных наук имеют вполне законченный вид, другие интенсивно развиваются или только становятся. Это вполне понятно, так как наука эволюционирует, как и природа, которую она изучает. Одной из перспективных областей естествознания является изучение человеческого мозга и связи психических процессов с физиологическими.

Изучение высшей нервной деятельности возможно физическими, химическими методами, гипнозом и т.п. Среди тем, интересных с естественнонаучной точки зрения, можно выделить: непосредственное воздействие на мозговые центры, опыты с наркотиками (ЛСД в особенности), кодирование поведения на расстоянии.

Цель изучения мозга — понять механизмы поведения и научиться ими управлять. Знания о процессах, происходящих в мозгу, необходимы для лучшего использования умственных способностей и достижения психологического комфорта.

Что же известно о деятельности мозга? Еще в прошлом веке выдающийся русский физиолог И.М. Сеченов писал, что физиология располагает данными о родстве психических явлений с нервными процессами в теле. Благодаря И.П. Павлову стало доступно изучение всех функций головного мозга, включая сознание и память, физиологическими методами.

Мозг рассматривается как центр управления, состоящий из нейронов, проводящих путей и синапсов (в мозгу человека 10^{11} связанных между собой нейронов).

Ныне существуют технические возможности экспериментального исследования мозга. На это нацелен метод электрического раздражения, посредством которого изучаются отделы мозга, ответственные за память, решение задач, распознавание образов и т.п., причем воздействие может быть дистанционным. Можно вызывать мысли и эмоции — вражды, страха, тревоги, наслаждения, иллю-

зию узнавания, галлюцинации, навязчивые идеи. Современная техника может в буквальном смысле сделать человека счастливым, воздействуя непосредственно на центры удовольствия в мозгу.

Исследования показали далее возможность прийти к следующим выводам:

ни один поведенческий акт невозможен без возникновения на клеточном уровне отрицательных потенциалов, которые сопровождаются электрическими и химическими изменениями и деполяризацией мембраны;

процессы в мозгу могут быть двух видов: возбуждающие и тормозящие;

память подобна звеньям цепи и можно, потянув за одно, вытянуть очень много;

так называемая психическая энергия представляет собой сумму физиологической активности мозга и получаемой извне информации;

роль воли сводится к тому, чтобы привести в действие уже сложившиеся механизмы.

К достижениям нейрофизиологии можно отнести и обнаружение асимметрии в функционировании головного мозга. Профессор Калифорнийского технологического института Р. Сперри в начале 50-х годов доказал функциональное различие полушарий мозга при почти полной идентичности анатомии.

ЛЕВОЕ ПОЛУШАРИЕ — аналитическое, рациональное, последовательно действующее, более агрессивное, активное, ведущее, управляющее двигательной системой. ПРАВОЕ — синтетическое, целостное, интуитивное; не может выразить себя в речи, но управляет зрением и распознаванием форм. И.П. Павлов говорил, что всех людей можно разделить на художников и мыслителей. У первой группы, стало быть, доминирует правое, у второй — левое полушарие.

Более ясное представление о механизмах центральной нервной системы позволяет решать проблему стресса. Стресс — понятие, характеризующее, по Г. Селье, скорость изнашивания человеческого организма, и связан с деятельностью неспецифического защитного механизма сопротивления внешним факторам. Синдром стресса проходит три стадии: «"реакция тревоги", во время которой мобилизуются защитные силы; "стадия устойчивости", отражающая полную адаптацию к стрессору; "стадия истощения", которая неумолимо наступает, когда стрессор оказывается достаточно силен и действует достаточно долгое время, поскольку "адаптационная энергия", или приспособляемость живого существа, всегда конечна».

Многое в деятельности мозга остается неясным. Электрическое раздражение двигательной зоны коры головного мозга не способно вызвать точных и ловких движений, присущих человеку, и стало быть существуют более тонкие и сложные механизмы, ответственные за движение. Отсутствует убедительная физико-химическая модель сознания, и стало быть неизвестно, что такое сознание как функциональная сущность и что такое мысль как продукт сознания. Можно лишь заключить, что сознание — результат особой организации, сложность которой создает новые, так называемые эмерджентные свойства, которых нет у составных частей.

Спорен вопрос о начале сознания. Согласно одной из точек зрения, до рождения существует план сознания, а не готовое сознание. «Развитие мозга, — считает Х. Дельгадо, — определяет отношение индивидуума к окружающему еще до того, как индивидуум становится способным воспринимать сенсорную информацию об окружающем. Следовательно, инициатива остается за организмом». Существует «опережающее морфологическое созревание»: еще до рождения в темноте веки поднимаются и опускаются. Но новорожденные лишены сознания и лишь приобретенный опыт ведет к узнаванию предметов.

Реакции новорожденных столь примитивны, что их вряд ли можно рассматривать как признаки сознания. Да и мозг при рождении еще далеко не сформирован. Стало быть, человек по сравнению с другими животными рождается менее развитым и ему требуется определенный постнатальный период роста. Инстинктивная деятельность может существовать даже при отсутствии опыта, психическая — никогда.

Недостаточность сенсорного притока отрицательно влияет на физиологическое развитие ребенка. **Способность понимать видимое не является врожденным свойством мозга. Мышление не развивается само по себе.** Формирование личности, по Пиаже, заканчивается в три года, но деятельность мозга зависит от сенсорной информации в течение всей жизни. «Животным и людям нужна новизна и непрерывный поток разнообразных раздражителей из внешней среды» (Х. Дельгадо. Мозг и сознание). Уменьшение поступления сенсорной информации, как показали эксперименты, приводит к возникновению через несколько часов галлюцинаций и бреда.

Вопрос о том, насколько непрерывный сенсорный поток определяет сознание человека, столь же сложен, как и вопрос о соот-

ношении интеллекта и чувств. Еще Спиноза считал, что «человеческая свобода, обладанием которой все хвалятся», не отличается от возможностей камня, который «получает определенное количество движения от какой-нибудь внешней причины». Эту точку зрения пытаются обосновать современные бихевиористы. То, что сознание может резко меняться под влияние внешних причин (причем и в сторону усиления предвидения и образования новых свойств и способностей), доказывает поведение людей, получивших тяжелые травмы черепа. Косвенное (например средствами рекламы) и прямое (оперативное) воздействие на сознание приводит к кодированию.

Три направления нейрофизиологии привлекают наибольший интерес: влияние на сознание посредством раздражения определенных центров мозга с помощью психотропных и иных средств; оперативное и медикаментозное кодирование; изучение необычных свойств сознания и их влияния на социум. Эти важные, но опасные направления исследований зачастую засекречиваются.

Психоанализ

Все направления изучения психики человека, которые занимаются выявлением роли бессознательного, настолько относятся к естествознанию, насколько гуманитарное в них определяется как надстройка над бессознательным базисом. Таков по преимуществу психоанализ, основатель которого З. Фрейд утверждал, что «каждый отдельный индивид виртуально является врагом культуры. Примечательно, что, как бы мало ни были способны люди к изолированному существованию, они тем не менее ощущают жертвы, требуемые от них культурой ради возможности совместной жизни, как гнетущий груз».

Схема Фрейда такова: сначала возник первобытный человек, затем культура как система запретов, которые сам же человек стремится нарушить, так как в основе его психической деятельности лежит сексуальное влечение и инстинкты. Лишения, вводимые культурными запретами, затрагивают всех, но страдающие от них импульсивные желания заново рождаются с каждым ребенком и проявляются в невротиках. Речь идет о желаниях инцеста, каннибализма и т.п., которые подавляются, чтобы преодолеть опасность всеобщего самоистребления.

Выводя культуру из инстинктов, Фрейд пытается определить, как из последних вырастают ценности, например, религиозные. «Мы уже знаем, что пугающее ощущение детской беспомощности пробудило потребность в защите — любящей защите, — и эту потребность в защите помог удовлетворить отец; сознание, что та же беспомощность продолжается в течение всей жизни, вызывает веру в существование какого-то, теперь уже более могущественного отца. Добрая весть божественного провидения смягчает страх перед жизненными опасностями, постулирование нравственного миропорядка обеспечивает торжество справедливости, чьи требования так часто остаются внутри человеческой культуры неисполненными, продолжение земного существования в будущей жизни предлагает пространственные и временные рамки, внутри которых надо ожидать исполнения этих желаний». Все это сулит гигантское облегчение для человеческой психики; преодолевается и Эдипов комплекс — фаза развития сексуального инстинкта, возникающая в возрасте 3–5 лет и заключающаяся в бессознательном влечении к родителю противоположного пола и ревности со страхом к родителю того же пола (от греческого мифа об Эдипе, который убивает своего отца и женится на собственной матери). Религиозное чувство Фрейд выводит из биологического отношения «отец–сын». Бог аналогичен отцу. Религия для Фрейда — повторение детского опыта защиты у отца.

Совокупность инстинктивных влечений Фрейд называет «Оно» и отличает от него Я — сознание, отделившееся от Оно в процессе эволюции с целью адаптации во внешней среде, и Сверх-Я — совокупность норм и предписаний, выполняющих роль «цензуры» по отношению к Я. Под воздействием Сверх-Я происходит СУБЛИМАЦИЯ — трансформация эмоций, энергии инстинктов (прежде всего либидо — сексуального влечения) в социально приемлемые формы, например творчество. При этом большое значение имеет ВЫТЕСНЕНИЕ нежелательных представлений в подсознание. Поскольку они сохраняют все свою энергию, они стремятся вернуться, но сознание оказывает сопротивление, и человек испытывает страх, чувство вины, муки совести. Стыд, отвращение, мораль удерживают желания в состоянии вытеснения. Появляется КОМПЛЕКС — подавленное эмоциональное содержание психики, которое вызывает постоянное психологическое раздражение.

Лечение в психоанализе основывается на понимании того, что человек болеет истерией или неврозом, потому что какие-то его, часто детские, представления, вытесненные «Сверх-Я» в подсознание, пытаются, но безуспешно пробиться в сознание. Выявить эти вытесненные представления пытается психоанализ. Если вспомнить, при каких условиях симптомы болезни проявились впервые, больному становится легче. Рассказав о психической травме, он излечивается.

Фрейд приводит такую аналогию. Я выгоняю кого-то из аудитории, а он продолжает шуметь за дверью. Больной — это человек, который не смог вытеснить свои желания. Тогда лучше договориться и впустить их с тем, чтобы они больше не мешали. В этом и состоит метод психоанализа. Иначе вытеснение может послать в аудиторию своего ЗАМЕСТИТЕЛЯ, от которого больной будет страдать. Этот заместитель и есть симптом. Надо осознать свое желание и направить его на высокую, не возбуждающую сомнений цель. Так понимает сублимацию Фрейд.

«Чем сильнее искажение под влиянием сопротивления, тем меньше сходства между возникающей мыслью — заместителем вытесненного и самим вытесненным». Сон, при котором ослабляется сознательная деятельность, предстает как исполнение вытесненных из сознания желаний. «Явное содержание сновидений есть искаженный заместитель бессознательных мыслей, и это самое искажение есть дело защитных сил Я, т.е. сопротивлений, которые в бодрствующем состоянии вообще не допускают вытесненные желания бессознательного в область сознания». «Страх есть одна из реакций отстранения нами Я могущественных вытесненных желаний, а потому легко объясним и в сновидениях».

Сознательное, по Фрейду, не сущность психического, а только одно из его качеств, поверхностный слой душевного аппарата. «Я олицетворяет то, что можно назвать разумом и рассудительностью, в противоположность Оно, содержащему страсти». Я можно сравнить с всадником, а Оно — с лошадью. В эволюции человеческой психики постепенно усиливается Сверх-Я и тем меньше требуется внешнее принуждение.

Фрейд показал, что недостаточность социальных контактов и особенно их исчезновение («потеря любви») относится к числу факторов, благоприятствующих агрессии, что подтверждено этологией. В то же время он полагал, что в человеке действуют две основные силы (аналогично физическим силам притяжения и отталкивания) — воля к жизни и воля к смерти. С этим не согласился К. Лоренц. Для него инстинкта смерти не может быть, потому что он небиологичен, а то, что так интерпретируется, лишь искажение инстинкта агрессии. Возможно, разногласие между Фрейдом и Лоренцом разрешается таким образом, что инстинкт смерти существует только у человека, поскольку он осознает свою смертность. Это подтверждает и то, что только человек хоронит своих сородичей.

Психоанализ близок к естествознанию, поскольку основывается на приоритете естественных, а не культурных феноменов, связывая вторые с первыми. Естественнонаучное значение психоанализа заключается в попытке объяснения деятельности сознания особенностями функционирования бессознательного и сведением последнего к немногим основным инстинктам. Посылка о детерминации сознания бессознательным, хотя и не содержит достаточного естественнонаучного подтверждения, привлекает к себе большое внимание.

Аналитическая психология

Фрейд шел от детства индивида, его ученик К. Юнг, назвавший свое направление аналитической психологией, — от первобытной культуры. По Юнгу, не только желания человека составляют сферу бессознательного. Там находятся все коллективные архетипы, которые присущи человеку.

Архетипы — это базовые схемы. «То, что мы называем инстинктами, является физиологическим побуждением и постигается органами чувств. Но в то же самое время инстинкты проявляют себя в фантазиях и часто обнаруживают свое присутствие только посредством символических образов. Эти проявления я и назвал архетипами», — писал К. Юнг в работе «Архетип и символ». «Так же как и инстинкты, паттерны коллективной мысли человеческого разума являются врожденными и унаследованными». Но архетипы выражаются в виде восприятия целостных образов, инстинкт же функционирует на уровне ощущений.

Забывчивость обусловлена тем, что некоторые сознательные мысли теряют свою специфическую энергию из-за отвлечения внимания. Сознание как луч прожектора — все, что он не освещает, уходит в бессознательное. «Но когда нечто ускользает из сознания, то перестает существовать не в большей степени, чем автомобиль, свернувший за угол». Мы можем делать что-то, управляемые бессознательным, когда цель выпала из сознания.

Юнг иначе, чем Фрейд, интерпретирует сновидения. «Обнаружилось, что многие сны представляют образы и ассоциации, аналогичные первобытным идеям, мифам и ритуалам». В отличие от мифов и сказок это непосредственная психическая данность, не прошедшая сознательной обработки. «И эти ассоциации и образы ни в коей мере не безжизненные или бессмысленные "пережитки". Они до сих пор живут и действуют, оказываясь особенно ценными в силу своей "исторической" природы. Они образуют мост между теми способами, которыми мы сознательно выражаем свои мысли, и более примитивной, красочной и живописной формой выражения. Но эта форма обращена непосредственно к чувству и

эмоциям. Эти "исторические" ассоциации и есть звено, связывающее рациональное сознание с миром инстинкта».

«Общая функция снов заключается в попытке восстановить наш психический баланс посредством производства сновидческого материала, который восстанавливает — весьма деликатным образом — целостное психическое равновесие... Сон компенсирует личностные недостатки и в то же время предупреждает об опасности неадекватного пути», — продолжает К.Юнг. Сон — это разговор бессознательного с сознанием и способ познания бессознательного. Сны «зарождаются в духе, которые носит не вполне человеческий характер, а являются скорее дыханием природы». «Таким образом, с помощью снов (наряду с интуицией, импульсами и другими спонтанными событиями) инстинктивные силы влияют на активность сознания». Бессознательное раньше знает то, что еще не вошло в сознание. В этом предсказательное значение сна. Бессознательное, по Юнгу, есть предзнание.

В бессознательном присутствует теневая сторона нашей личности. «Безмерно древнее психическое начало образует основу нашего разума точно так же, как строение нашего тела восходит к общей анатомической структуре млекопитающих. Опытный взгляд анатома или биолога обнаруживает много следов этой исходной структуры в наших телах. Искушенный исследователь разума может сходным образом увидеть аналогии между образами сна современного человека и продуктами примитивного сознания, его коллективными образами и мифологическими мотивами». «Смысл и целенаправленность не есть прерогативы разума, они действуют во всяком живом организме. Нет принципиальной разницы между органическим и психическим развитием. Так же, как растение приносит цветы, психическое рождает свои символы».

Человек приходит в мир со сложной психикой, в которой присутствуют и инстинкты и архетипы бессознательного. «Мыслеформы, универсально понимаемые жесты и многочисленные установки следуют образцам, сформировавшимся задолго до того, как человек обрел рефлективное мышление. Можно даже считать, что довольно раннее возникновение человеческой способности к рефлексии явилось из болезненных последствий эмоциональных потрясений».

Сознание, по Юнгу, развилось из эмоций. Бессознательное породило разум как закономерный этап эволюции. «Так же, как эволюция эмбриона повторяет его предысторию, так и разум развивается путем перехода через ряд доисторических стадий», которые не исчезают, а находятся внутри человека.

Современный человек «слеп к тому, что, несмотря на свои рациональность и эффективность, он одержим "силами", находящимися вне его контроля. Его демоны и боги вовсе не исчезли, они всего лишь обрели новые имена. И они удерживают его на ходу своим беспокойством, нечетким пониманием, психологическими сложностями, ненасытной жаждой лекарств, алкоголя, табака, пищи и прежде всего огромной массой неврозов».

Бессознательное управляет инстинктивными тенденциями, склонностями, выраженными в соответствующих мыслеформах. Архетипы создают мифы, религии, духовную культуру в целом. «Мы рассматриваем личностные комплексы как компенсации за односторонние или дефектные установки сознания; сходным образом мифы религиозного происхождения можно интерпретировать как вид ментальной деятельности для обеспокоенного и страдающего человечества в целом — голод, война, болезнь, старость, смерть», — считал К. Юнг.

Сознание и бессознательное

Юнг вывел из психики культуру. Его ученик Э. Фромм развернул психоанализ в социальном направлении. Различие между Фроммом и Фрейдом аналогично спору в социобиологии о наличии генов эгоизма и альтруизма. По Фромму, не животная природа человека ведет к социальным конфликтам, а общественное устройство извращает первичные благородные побуждения. Человек стремится к единству с другими людьми, а попадает в сети тоталитаризма. Стремление к справедливости, истине, свободе является неотъемлемой чертой человеческой природы, — утверждает Фромм в работе «Психоанализ и религия». Если Фрейд исследовал подсознание, Юнг — бессознательное, то Фромм обратился к сверхсознанию.

Проверка психоанализа с помощью гипноза подтвердила наличие комплекса Эдипа; на более глубоком уровне присутствуют переживания коллективного бессознательного; затем вспоминается процесс рождения и начинаются трансперсональные переживания, которые некоторые ученые склонны считать подтверждением концепции перевоплощения. В пользу этого приводят ви́дения, испытываемые людьми в состоянии клинической смерти, и эксперименты по взвешиванию умерших.

В современной психологии можно выделить три основные точки зрения на сознание, простирающиеся от отрицания самоценного значения психики и сознания в бихевиоризме к классической

школе психогенеза, утверждающей, что психика и сознание становятся после рождения, до модели «расширяющегося сознания» С. Грофа, в соответствии с которой психика и сознание существуют до рождения.

Основные различия между сознательным и бессознательным (по Л.Р. Зенкову. Бессознательное) представлены в следующей таблице.

Сознательное	Бессознательное
Вербальное	Невербальное
Формально-логическое	«Нелогичное», неформальная логика
Концептуальное, абстрактное	Образно-визуальное, конкретное
Символическое	Иконическое
Синтаксическая связанность	Свобода комбинации знаков знаков
Вторичные мыслительные процессы	Первичные мыслительные процессы
Рациональное	Иррациональное
Интенциональное мышление	Сновидения, фантазия, галлюцинации
Формализация	Интуиция
Научная систематизация	Мифологическая систематизация
Последовательность	Одновременность
Дискретность	Континуальность

Парапсихология

Юнг пишет о четырех средствах, благодаря которым сознание получает свою ориентацию в опыте. «ОЩУЩЕНИЕ (т.е. восприятие органами чувств) говорит нам, что нечто существует; МЫШЛЕНИЕ говорит, что это такое; ЧУВСТВО отвечает, благоприятно это или нет, а ИНТУИЦИЯ оповещает нас, откуда это возникло и куда уйдет» (К. Юнг. Архетип и символ). Эмоции опираются на неосознаваемую информацию, более непосредственны и менее управляемы человеком; чувства же могут осознаваться, более подвластны человеку и опосредованы социокультурными ценностями. Сознание создает основу понятийного мышления, без которого разумная деятельность невозможна. Но само осознание чего-либо может быть интуитивным.

Исследование интуиции является основной задачей науки, которая получила название парапсихологии. Ее предметом являются опыты по обнаружению сверхчувственных эффектов, проводимые со всеми людьми; изучение обладающих повышенными

экстрасенсорными возможностями; изучение так называемых биополей человека, животных и растений (в частности, проблемы чувствительности растений к людям) и т.п.

Началась парапсихология с контролируемых и воспроизводимых опытов по отгадыванию так называемых парапсихологических карт, которые показали, что многие люди в той или иной степени обладают способностью предчувствия.

Изучают парапсихологи и таких людей, как У. Геллер, который может останавливать эскалатор, компьютер, находить спрятанные предметы и месторождения полезных ископаемых, сгибать металлические предметы, даже если они заключены в капсулы, чинить часы на расстоянии, распознавать изображения в магнитной памяти ЭВМ, приводить в движение стрелку компаса и электроизмерительного прибора, впечатывать свое изображение на пленку полностью закрытого фотоаппарата, изменять вес груза на весах, показания счетчика радиоактивного излучения, устраивать исчезновение предметов и вновь восстанавливать их на прежнем месте (материализация и дематериализация), отключать свет в огромном районе города, останавливать корабль, внушать другим людям мысли на расстоянии и т.п. У. Геллер нуждается в присутствии других людей, как бы подпитываясь от них. Обычные люди получают возможность выполнять такие же действия, «заряжаясь» от него. Способности У. Геллера распространяются после сеансов по радио и телевидению на других людей на огромные расстояния. Часто отмечается эффект последействия (задержанная реакция).

Интересны мысли самого У. Геллера, приведенные в книге «Моя история». «У меня есть ощущение, что эти энергии и силы идут не от меня — я как бы лишь тоннель, труба, через которую они проходят». «Из-за того, что мои возможности идут от энергии, которая находится вне меня, у меня никогда нет стопроцентной уверенности, что все будет в порядке». «По моему глубокому убеждению, каждый человек имеет внутри себя некую абстрактную силу, которую можно высвободить тремя способами. Способ первый — психологическое внушение. Второй — визуальный, связанный с возможностью видеть эту силу в действии или слышать ее подробное описание по радио. И третий способ — самовнушение и развитие внутренней уверенности в ее существовании... Главное условие успеха — это вера».

«Но когда я начинаю думать о каких-то более глубоких вещах, то убеждаюсь, что на самом деле не существует ни прошлого, ни настоящего, ни будущего для вечности. Все происходит одновременно. Я чувствую, что у каждого из нас есть два канала восприя-

тия: космический и обыкновенный, и мы можем на них настраиваться в разные времена». Эти способности дал У. Геллеру «яркий свет», который накрыл его в детстве. Можно сказать, что создалась особая система под воздействием света, перешедшего в энергию, которой подвластно все, кроме лазерного луча. Речь идет о паранормальной психической энергии. «Бог — это как бы горючее нашей души, горючее, которое, воспламеняясь, помогает нам устремляться ввысь». В то же время У. Геллер пишет, что ему необходимы физические нагрузки каждый день, иначе он утратит свою энергию. Мы имеем дело здесь с чем-то, граничащим с фантастикой. Но надо отметить, что гипотезы об одновременности прошлого, настоящего и будущего обсуждаются в науке (в частности, в физике), а немало людей проявляет в экстремальных ситуациях силы, недоступные для них в нормальном состоянии (мать, спасая ребенка, может поднять автомобиль; некоторые предчувствуют судьбу близких и т.п.). Все это может быть предметом научного познания, хотя исследование подобных феноменов исключительно сложно.

Особенности психологии мужчин и женщин

Одна из основательниц современной женской психологии К. Хорни считает, что психоанализ односторонен, потому что его объектом являлась преимущественно психика мужчин, в то время как психология женщин имеет существенные отличия. Вся наша цивилизация, по мнению К. Хорни, — мужская цивилизация. Создатели ее — мужчины, и поэтому реальное наполнение социальных идей — мужское. Во многих языках, замечает Хорни, слово «человек» означает «мужчина». Мужчина более важен в современной цивилизации, потому что она основана на силе. И стремление женщин к равенству стимулирует в них комплекс маскулинности (мужественности).

По Хорни, психологические различия между мужчинами и женщинами следуют из особенностей их биологических ролей. Вклад женщин в воспроизводство и воспитание потомства несравненно больше. Женщины сохраняют свойства вида хомо сапиенс, поддерживают семейный очаг, передают информацию, более эмоциональны и интуитивны, менее рациональны. Мужчины создают информацию, запрограммированы на поиск, больше нацелены на преобразование среды, более логичны.

Исследование особенностей женской психологии позволило Хорни обратить внимание на некоторые проблемы, которые раньше ускользали от внимания ученых — тяжелые душевные состояния, депрессии и т.п. Хорни выделяет следующие способы защиты от

тревоги: любовь, подчинение, дистанцирование от людей, потребительство. Именно противоречие между потребностью любить и стремлением к первенству ведет, по мнению Хорни, к неврозам.

Сознание и нравственность

Существуют и иные человеческие проблемы, в решении которых способно помочь естествознание, отвечая на вопросы:

1. Действует ли естественный отбор в человеческом обществе и стало быть развивается ли человек в биологическом смысле?

2. Как связано биологическое развитие человечества с социальным?

3. Как справиться с внутривидовой агрессивностью людей, которая ведет в эволюционный тупик, но обостряется в связи с победой над природой (и другими видами жизни)?

4. Существует ли опасность сверхспециализации разума, которая делает поведение человеческого общества неразумным? Разум ведет к отходу от неразумной природы?

5. Как преодолеть опасность, следующую из того, что чем более сложно устроена система, тем больше вероятность поломки ее (у человека психические болезни бывают чаще, чем у животных)?

6. Как связана гениальность с психическими заболеваниями (физиологические изменения в организме зачастую аналогичны в обоих случаях)?

Ответы на эти вопросы ждут ученых.

Современное естествознание все ближе подходит к изучению самого сложного, что создала природа, — человека. Насколько оправдано здесь применение естественнонаучной методологии и что она может дать? Если признать, что психика и разум связаны с другими сторонами жизни и с остальной природой, то вполне оправдано, хотя надо отчетливо понимать границы естественнонаучного подхода.

Предметом естественнонаучного познания человека является все, что относится к его естеству и не обусловлено образованием, культурой, социальным окружением. Сюда относится огромное количество биологических процессов, не специфических для человека. Человек подвержен и социальным закономерностям. Естествознание изучает биологическую основу социальных действий (в этом особенно преуспела социобиология). Если, скажем, обнаруженный З. Фрейдом комплекс Эдипа генетически детерминирован, то его можно изучать как естественнонаучный феномен.

Существует также множество процессов, относительно которых нельзя сказать социальные они или биологические. Они как

бы на стыке биологии и социологии, и естествознание в этом случае вносит свой особый вклад в их целостное понимание.

Классическая и холотропная модели сознания

В исследовании психики и разума человека наибольших успехов в XX в. достигли нейрофизиология, психоанализ и кибернетика.

Вселенная расширяется с огромной скоростью, континенты раздвигаются со скоростью, которую можно зафиксировать только самыми точными приборами. Но информация (прежде всего научная) уплотняет все многообразие мира в точку (в теории ноосферы Тейяра де Шардена это точка Омега), и несмотря на то, что континенты становятся все дальше друг от друга, средства связи все теснее соединяют их. Такова диалектика жизни.

В процессе совершенствования механизма реагирования на воздействия окружающей среды психики все более усложнялась, что в конечном счете привело к появлению того, что является главным отличием человека от всех других видов жизни — сознания.

Возможно, уплотнение информации весьма способствовало появлению сознания, которое затем, развиваясь и вбирая в себя все больше и больше, как бы расширялось, наподобие расширения Вселенной, но не в физическом, а в духовном смысле.

Процесс развития психики и сознания носит название ПСИХОГЕНЕЗА. Постулаты психогенеза, по Х. Дельгадо, таковы:

1. Создав сознание, эволюция стала управлять собой.
2. Разум — один из механизмов обратной связи между организмом и средой.
3. Человек представляет собой функциональное единство сенсорной информации, поведенческих реакций и процессов, происходящих в мозгу.
4. В момент рождения сознания не существует.
5. Сознание не может возникнуть без притока сенсорной информации.
6. Над человеком довлеют наследственность и воспитание.
7. Индивидуальность человека — это приобретенные функции.
8. Цель воспитания — в создании психических функций индивидуума.
9. Воспитание не должно быть авторитарным, но контроль необходим.
10. Символы окружающего мира материализуются в мозгу как молекулярные изменения структуры нейронов.
11. Свобода — результат развития цивилизации.

12. Сделай самого себя.
13. Управление психикой приводит нас к психоцивилизации.
14. Управление гигантскими силами требует развития психических свойств.

Исследования последних лет в области изучения сознания человека, связанные с использованием гипноза и психотропных средств, позволили С. Грофу ввести понятие холотропной модели сознания и сделать выводы, которые во многом противостоят классической модели сознания и человека.

Классическая модель сознания	Холотропная модель сознания
Границы человеческого организма абсолютны и совпадают с поверхностью кожи	Человек имеет бесконечное поле сознания, выходящее за пределы трехмерного пространства, линейного времени и причинно-следственных связей; он соизмерим со всей целостностью бытия
Коммуникация и приобретение информации требуют участия сенсорных органов и известных видов энергии	Для коммуникации и получения информации не обязательны сенсорные каналы и известные виды энергии
Умственная деятельность состоит в перекомбинировании сенсорной информации (нет ничего в разуме, чего не было бы в чувствах)	Психика включает весь опыт эволюции Вселенной (в том числе смерть и коллективное бессознательное). В каждом человеке есть все
Хранение в памяти осуществляется на основе материального субстрата— мозговых клеток и цепей генов	Память может существовать без материального субстрата
Духовный опыт сводится к исходному нарциссизму, жажде «океанического чувства» и другим младенческим переживаниям	Духовный опыт является универсальным; продолжает информацию, полученную в измененных состояниях сознания, и несводим к регрессивным состояниям
Сознание есть продукт мозга и нейрофизиологических процессов, происходящих в нем	Сознание опосредуется мозгом, но не зарождается в нем
Симптомы психического заболевания надо ликвидировать с помощью лекарств	Симптомы болезни следует поддерживать (принцип гомеопатии), так как наличие их свидетельствует о возможности решения проблемы, вставшей перед организмом

Продолжение

Во время патологического процесса внутренние гомеостатические и целительные механизмы организма бездействуют	Гомеостатические и целительные механизмы всегда играют решающую роль и необычные состояния сознания активизируют их силу
Лечение психических заболеваний следует проводить электрошоком, инсулиновой блокадой, психофармакологическими средствами, вербальной психотерапией (метод свободных ассоциаций, беседа, разрушение стереотипов)	Лечение осуществляется с помощью сеанса изменения сознания (духовное исцеление, исцеление через транс, ритуалы перехода, мистерии смерти и возрождения и т. п.)
В процессе лечения терапевт активен, пациент пассивен. Врач — эксперт, он все знает	Терапевт только помогает в процессе исцеления установить связь между Эго и высшим Я. Источник исцеления — сам пациент
Цель лечения — преодоление симптомов болезни и дискомфорта	Цель лечения — глубокая трансформация личности и смена фундаментальных ценностей человека. По-настоящему здоров тот, кто приходит к чувству планетарного единства, экологической озабоченности и необходимости служения

Какими бы удивительными ни казались максимы холотропной модели сознания, прослеживаются определенные параллели между ними и современными физическими представлениями:

1. Поле сознания выходит за трехмерное пространство и линейное время (в физике: пространство-время не трехмерно и не линейно).

2. Отсутствует однозначный детерминизм (в физике: внедрение вероятностных представлений).

3. Память, как и энергия, может существовать без материального субстрата (в физике: масса покоя может быть равна нулю).

4. Поле сознания бесконечно (в физике: принцип дальнодействия).

5. Сознание опосредуется мозгом, но не зарождается в нем (в физике: «свобода воли» электрода).

6. Вселенная предполагает участие космического разума как решающего фактора развития. Сознание — исходный атрибут существования (в космологии: антропный принцип).

Естественнонаучное обоснование нравственности

Одним из отличий человека от животных, помимо прямохождения, развития руки, изготовления орудий труда, разума, слова, является НРАВСТВЕННОСТЬ. Рождение нравственности — важнейший этап антропогенеза — становления человека.

«Абстрактное мышление дало человеку господство над всем вневидовым окружением и тем самым спустило с цепи внутривидовой отбор,— считает один из основоположников этологии К. Лоренц... В "послужной список" такого отбора нужно, наверное, занести и ту гипертрофированную жестокость, от которой мы страдаем и сегодня. Дав человеку словесный язык, абстрактное мышление одарило его возможностью культурного развития; передачи над-индивидуального опыта, но это и повлекло за собой настолько резкие изменения в условиях его жизни, что приспособительная способность его инстинктов потерпела крах. Можно подумать, что каждый дар, достающийся человеку от его мышления, в принципе должен быть оплачен какой-то опасной бедой, которая неизбежно идет следом. На наше счастье, это не так, потому что из абстрактного мышления вырастает и та разумная ответственность человека, на которой только и основана надежда управиться с постоянно растущими опасностями».

Наблюдаемый Лоренцом триумфальный крик диких гусей напоминает любовь, которая сильнее смерти; бои между крысиными стаями напоминают кровную месть и войну на уничтожение. Как во многом все-таки человек близок животным— чем больше развивается этология, тем справедливее становится этот вывод. Но и многое явно социальное в человеке тоже досталось ему как компенсация за какие-то биологические недостатки или чрезмерные преимущества перед другими видами. Такой является и нравственность.

У опасных хищников (например волков) есть селективные механизмы, запрещающие убивать представителя своего вида. У неопасных животных (шимпанзе) таких механизмов нет. У человека тоже нет, так как он не имеет «натуры хищника» и «у него нет естественного оружия, принадлежащего его телу, которым он мог бы убивать крупное животное. Именно потому у него нет и тех механизмов безопасности, возникших в процессе эволюции, которые удерживают всех "профессиональных" хищников от применения оружия против сородичей», пишет К. Лоренц.

«В предыстории человека никакие особенно высокоразвитые механизмы для предотвращения внезапного убийства не были нуж-

ны: такое убийство было попросту невозможно... Когда же изобретение искусственного орудия открыло новые возможности убийства — прежнее равновесие между сравнительно слабыми запретами агрессии и такими же слабыми возможностями убийства оказалось в корне нарушено».

«Более чем вероятно, что пагубные проявления человеческого агрессивного инстинкта, для объяснения которых Зигмунд Фрейд предложил особый инстинкт смерти, основанный просто-напросто на том, что внутривидовой отбор в далекой древности снабдил человека определенной мерой агрессивности, для которой он не находит адекватного выхода при современной организации общества».

«Нынешняя коммерческая конкуренция грозит вызвать по меньшей мере такую же ужасную гипертрофию упомянутых побуждений, какую у внутривидовой агрессии вызвало военное состязание людей каменного века. Счастье лишь в том, что выигрыш богатства и власти не ведет к многочисленности потомства».

«Таким образом, первая функция, которую выполняла ответственная мораль в истории человечества, состояла в том, чтобы восстановить утраченное равновесие между вооруженностью и врожденным запретом убийства... Все проповеди аскетизма, предостерегающие от того, чтобы отпускать узду инстинктивных побуждений, учение о первородном грехе, утверждающее, что человек от рождения порочен,— все это имеет общее рациональное зерно: понимание того, что человек не смеет слепо следовать своим врожденным наклонностям, а должен учиться властвовать над ними и ответственно контролировать их проявления».

Моральные требования будут расти, но «при всем желании не видно каких-либо селективных преимуществ, которые хоть один человек сегодня мог бы извлечь из обостренного чувства ответственности или их добрых естественных наклонностей. Скорее следует серьезно опасаться, что нынешняя коммерческая организация общества своим дьявольским влиянием соперничества между людьми направляет отбор в прямо противоположную сторону».

У человека нет естественных механизмов убийства себе подобного и поэтому нет, как у волков, инстинкта, запрещающего убийство представителя своего вида. Но человек выработал искусственные средства уничтожения себе подобного и параллельно развились в нем как средство самосохранения искусственные механизмы, запрещающие убийство представителя своего вида. Это и есть нравственность, которая является социальным эволюционным механизмом.

Но социальная этика — только первая ступень нравственности. Человек ныне создал искусственные средства, позволяющие ему уничтожать всю планету, что он успешно и делает. Если человек будет продолжать истреблять населяющие Землю виды животных и растений, то в соответствии с основным законом экологии — науки о взаимоотношении живых организмов с окружающей средой — уменьшение разнообразия в биосфере приведет к ослаблению ее устойчивости и в конечном счете гибели самого человека, который не может существовать вне биосферы. Чтобы этого не произошло, нравственность должна подняться на новый уровень, распространяясь на всю природу, т.е. став экологической этикой, запрещающей уничтожение природы.

Такой процесс можно назвать углублением нравственности, во-первых, потому, что **критерием нравственности является совесть,** находящаяся в глубине человеческой души, и, стараясь прислушаться к этому внутреннему голосу, человек как бы погружается в самого себя. Вторая причина связана с появлением понятия «глубинной экологии», которая призывает человека к более бережному отношению к природе с позиций экологической этики, распространяющей моральные принципы на взаимоотношения человека с природой.

Экология углубляется в область нравственного. Модель «расширяющегося сознания» также имеет очевидное экологическое значение, что позволило говорить о расширении сознания в «глубинной экологии». Итак, от расширяющейся Вселенной к расширяющемуся сознанию и углубляющейся нравственности. Это не случайные параллели. Развитие Вселенной ведет к социальным изменениям — таков один из выводов, а именно этический, из современных концепций естествознания.

Вопросы для повторения

1. Какие функции выполняют правое и левое полушария мозга человека?
2. От чего зависит поведение человека, по Фрейду?
3. Чем отличается психоанализ Фрейда от аналитической психологии Юнга?
4. Каковы сравнительные характеристики сознания и бессознательного?
5. Каково естественнонаучное значение психоанализа?

6. Что изучает парапсихология?
7. Каковы психологические особенности мужчин и женщин и от чего они зависят?
8. Каков механизм восприятия?
9. Каков механизм представления?
10. Что такое условный рефлекс?
11. Что такое холотропная модель сознания?
12. Каково естественнонаучное обоснование нравственности

Литература к главе 11

1. *Винер Н.* Кибернетика. — М., 1968.
2. *Дельгадо Х.* Мозг и сознание. — М., 1971.
3. *Фрейд З.* Психология бессознательного. — М., 1989.
4. *Хорни К.* Женская психология. — СПб., 1993.
5. *Эшби У.Р.* Конструкция мозга. — М., 1964.
6. *Юнг К.Г.* Архетип и символ. — М., 1991.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Что такое сознание и бессознательное?
2. Как происходит взаимодействие сознательного и бессознательного в человеке? По Фрейду, по Юнгу?
3. Ваше мнение об основных мотивах человеческой деятельности: кто прав: Фрейд или Лоренц?
4. Что такое архетипы коллективного бессознательного и откуда они берутся?
5. В чем проявляется функциональная асимметричность полушарий головного мозга у человека?
6. Как в психоанализе изучаются действующие причины (Фрейд), конечные (Адлер), формальные (Юнг)?
7. Что такое самость, по Юнгу?
8. Почему психоанализ Фрейда ближе к естествознанию, чем другие психологические теории?
9. Что такое либидо? По Фрейду, Адлеру, Юнгу?
10. Что такое парапсихология?

11. Как холотропная модель сознания связана с мистическими учениями?
12. Что понимается под расширяющимся сознанием?
13. Как Лоренц объясняет происхождение нравственности и религий?

II. Прокомментируйте высказывание.

«Самость есть наша психическая целостность, построенная из сознания и бесконечного океана души, по которому оно плывет. Моя душа и мое сознание — вот что такое моя Самость, в которую я погружен, как остров в море, как звезда в небо. Итак, Самость бесконечно более обширна, чем Я» (К. Юнг).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Схема развития сознания.

Отражение (у всей материи) → Раздражимость (у живых тел) → Восприятие (органами чувств) → Представление (психика) → Эмоции → Чувства → Архетипы коллективного бессознательного → Мифы, культы → Сознание (пралогическое мышление) → Понятийное (абстрактное) мышление → Сознательное преобразование действительности → Ноосфера

2. Особенности полушарий головного мозга человека.

Правое	Левое
Образное	Логичное
Целостное	Отвечает за движение
Художественное	Отвечает за речь
Иррациональное	Рациональное
Интуитивное	Дискурсивное
Гуманитарное	Математическое

3. Сопоставление классической и холотропной модели сознания.

Классическая модель	Холотропная модель
Сознание — продукт мозга	Сознание существует вне мозга
Сознание формируется после рождения	Сознание существует до рождения
Для работы сознания необходима сенсорная информация	Сенсорная информация не необходима

4. Психические различия мужчин и женщин.

Мужчины	Женщины
Бóльшая роль в становлении нового	Бóльшая роль в воспроизводстве
Бóльшая роль в изменении среды	Сохранение и поддержание очага

Продолжение

Бóльшая «норма реакции»	Меньшая «норма реакции»
Более логичны и абстрактны	Более интуитивны и конкретны
Более рациональны	Более эмоциональны и чувствительны
Более способны на сверхусилия	Более устойчивы и выносливы
Более жесткая психика	Более лабильная психика
Бóльшая роль в приобретении информации	Бóльшая роль в сохранении и передаче информации
Бóльшая роль в развитии вида	Бóльшая роль в сохранении вида
Более высокий творческий потенциал	Более консервативны

Глава 12. ЛИЧНОСТЬ И ЭТИКА УЧЕНОГО

Общие закономерности современного естествознания

В этой главе перечислим некоторые выводы из анализа развития науки, представим современную естественнонаучную картину мира и возможное будущее естествознания.

1. Основной вывод гласит, что наука является одним из этапов эволюции человеческой культуры. Пройдя несколько предварительных стадий от античности до эпохи Возрождения, наука в своей развитой форме вобрала достижения других отраслей культуры, в том числе философии и религии, и представляет собой в целом качественно новое явление.

2. Но уже изначально в науке присутствовало противоречие двух ее целей, которое затем породило противоречивость результатов: с одной стороны, наука была средством нахождения истины о мире, а, с другой — нацелена на обеспечение господства человека над природой и ее преобразование. Соединяя обе цели, Ф. Бэкон писал, что «истинной и закономерной целью наук должно быть обогащение жизни человека новыми открытиями и новым могуществом». В дальнейшем, однако, наука все больше склонялась (и ее склоняли) к обеспечению прежде всего могущества человека с тем, чтобы люди, как писал Декарт, могли стать «хозяевами природы».

Что же все-таки главное в развитие науки — понимание человеком себя, мира, окружающего его, или покорение природы? — этот вопрос становился все более острым.

3. Еще одно противоречие, вытекающее из предыдущего, коренилось в том, что, как писал Д. Бернал, в то время как технические потребности часто ставили проблемы, дающие рост новым отраслям науки, научные успехи эффективно закреплялись в том случае, если только они могли быть применены в практических целях. Однако слишком тесная взаимосвязь науки и техники вредна, так как у каждой из этих отраслей культуры есть специфика, заключающаяся в том, что наука изучает мир, а техника его преобразует.

4. Наука, объединившись с техникой, привела в XX в. к научно-технической революции, которая является ныне главным фактором развития человечества. Около 5 млн человек работают в современной науке. Объем научной информации растет по экспоненте невиданными темпами.

Развитие науки становится международным делом. Совместные исследования ученых различных стран необходимы сейчас для достижения значительных результатов, так как требуются громадные средства и кроме того, некоторые исследования интернациональны по своему содержанию (климат изучать нельзя, имея данные только о климате одной страны).

5. Следующий вывод касается классификации наук, особенно важный в эпоху дифференциации научного знания.

Еще древнегреческие философы разделяли знание по его объекту на три области: природа (физика), общество (этика), мышление (логика). Ф. Бэкон в соответствии со свойствами человеческого интеллекта разделил знание также на три части: историю (память), поэзию (воображение) и философию (рассудок). Т. Гоббс поставил геометрию во главе дедуктивных наук, а физику — во главе индуктивных. Г. Спенсер разделил все науки на абстрактные (логика и математика), конкретные (астрономия, геология, биология, психология, социология) и промежуточные между ними — абстрактно-конкретные (механика, физика, химия).

В настоящее время общепринято деление наук на естественные, гуманитарные, технические и математические. Основные из категории естественных наук: астрономия, физика, химия, геология, физическая география, биология, физиология человека, антропология. Между ними немало переходных наук: астрофизика, физическая химия, химическая физика, геофизика, геохимия, биофизика, биохимия, биогеохимия и т.п., — а также переходные от них к гуманитарным и техническим наукам.

Данная классификация не случайна. Предмет естественных наук составляют отдельные ступени развития природы или ее структурные уровни.

6. Наука постоянно обогащается новыми методологическими принципами, часто противоположными принятым ранее (на смену редукционизму приходит холизм, детерминизму — индетерминизм и т.д.); новыми подходами (структурный, системный, функциональный, вероятностный); новыми понятиями, как частными, применяемыми в отдельных областях познания (например, «кварк» в физике), так и общенаучными (неопределенность, дополнительность, целостность, целесообразность, адаптация, самоорганизация, информация, поле и т.п.).

Задача понятийного аппарата — компактно представить постоянно растущее знание. Поэтому наряду с терминами все большее значение приобретают знаки, существенно сокращающие запись. Научный знак имеет значение, аналогично тому, как термин, будучи определен, становится понятием.

7. Наука находится в процессе перманентного развития. Но предугадать, в каком направлении она будет продвигаться и какими будут следующие открытия, невозможно. Физики рассчитывали в 50-е годы осуществить искусственную термоядерную реакцию и создать общую теорию поля. А прорыв был совершен в термодинамике открытых систем. Кибернетики думали, что будут создаваться все более сложные и громоздкие ЭВМ, а появился персональный компьютер. Наука есть создание качественно нового, а это невозможно предвидеть.

8. Область научного исследования постоянно расширяется, распространяясь на объекты, которые до этого находились вне сферы ее интересов (сложные, неустойчивые, открытые системы и т.п.). Тем не менее основные требования к научному исследованию — всеобщность опыта, универсальность объяснения — остаются в силе («Опыт — единственный верный руководитель», — говорил Н. Винер). Натурфилософские концепции, построенные на основе науки, например, концепция ноосферы, непроверяемые эмпирически, остаются на периферии естествознания.

9. Существуют три механизма эволюции: диссипативные структуры в неживом мире, естественный отбор в живой природе, культура в человеческом обществе. Но наука не знает, как произойдет становление нового, поскольку это уникальный процесс. Наука достигает здесь своих пределов возможного, потому что имеет дело в основном с воспроизводимыми и повторяющимися процессами. Подходя к уникальному, она обращается к вероятностным методам. Наука вообще не может утверждать, что нечто обязательно случится, так как по современным научным представлениям эволюция мира не запрограммирована однозначно.

10. Наука развивается в пределах чувственного и логичного и ограничена возможностями наших чувств и законами мышления. Особенности органов чувств и мышления, как и эволюция, являются ее граничными условиями. Наука как бы находится в треугольнике, ограниченном возможностями человека и творчеством природы. Она постоянно расширяет свои границы, оставаясь принципиально ограниченной.

11. Ныне наука столкнулась с четвертым ограничением — экологическим. Ее развитие может привести к уничтожению биосферы и ее самой. Наука может это сделать, но не способна создать равноценный искусственный мир. Разрушать всегда легче, чем созидать — и для отдельного человека и для человечества в целом.

Итак, к трем ограничениям — с эмпирической, теоретической и предметной сторон прибавилось ограничение этического характера. Поэтому столь важной стала проблема: «этика и наука» — и вопрос: наука — добро или зло?

12. Наука создает информацию о мире, и это должно иметь смысл. Люди сами находятся в цепи жизни и ответственны за нее перед нею и собой. Все более сложное более разрушимо, но и более способно к дальнейшему самосовершенствованию. Это усиливает ответственность за творимое на Земле.

Научные революции в XX в. и современная естественно-научная картина мира

Можно выделить следующие открытия в естествознании, которые привели к научным революциям в XX в.

Астрономия: модель Большого Взрыва и расширяющейся Вселенной.

Геология: тектоника литосферных плит.

Физика: смещение точки отсчета от материи к энергии и от вещества к полю.

Теория относительности: относительность пространства и времени.

Квантовая механика: корпускулярно-волновой дуализм.

Синергетика: становление новых структур в неживой природе.

Биология: модели происхождения жизни.

Генетика: механизм воспроизводства жизни.

Экология: взаимодействие живого со средой.

Этология: формы поведения организмов.

Социобиология: соотношение естественного и социального.

Кибернетика: управление в неживой и живой природе.

Психоанализ: роль бессознательного в человеческой психике.

Эти научные революции позволили сформулировать следующие общие закономерности развития мира:

1. Эволюция природы (от Вселенной до кварков).
2. Самоорганизация (от неживых систем до биосферы).
3. Системность связи неживой природы, живой природы и человека (в экологии).
4. Имманентность природных систем пространству и времени (в теории относительности).
5. Относительность разделения на субъект и объект (в квантовой механике и синергетике).

Появились новые общенаучные концепции и подходы: системный (исследование предметов как систем), структурный (исследование уровней организации), вероятностный (применение вероятностных методов) и т.п.

Научные достижения XX в. позволяют нарисовать следующую современную естественнонаучную картину мира.

Уровни организации	Часть пространства	Наука	Вид эволюции
Вселенная	Мегамир	Космология	Космическая
Галактика	—" —"—	Астрономия	—" —"—
Звездные системы	—" —"—	—" —"—	—" —"—
Биосфера	Макромир	Экология	Экологическая
Сообщество	—" —"—	Этология	Биологическая
Популяция	—" —"—	—" —"—	—" —"—
Вид	—" —"—	—" —"—	—" —"—
Индивид	—" —"—	—" —"—	—" —"—
Клетка	Микромир	Генетика	—" —"—
Молекула	—" —"—	Химия	Химическая
Атом	—" —"—	Физика	Физическая
Элементарная частица	—" —"—	—" —"—	—" —"—
Кварк	—" —"—	—" —"—	—" —"—

Можно построить и более подробную картину, выделив такие уровни организации, как ядро атома, ядро клетки, макромолекула, кристалл, планета, человек, ноосфера и т.д.

Трудности и парадоксы развития науки

Фундаментальной основой структуры познания в наиболее развитых отраслях естествознания является анализ предмета исследования, выделение абстрактных элементарных объектов и последующий логический синтез из них единого целого в виде теоретической модели. На основе этой модели, представляющей собой один из возможных вариантов объяснения какого-либо фрагмента реальности, неизбежно расхождение идеального с реальным. Даже если теория верно отражает какой-либо фрагмент внешнего мира, на ее основе нельзя предсказать в полном объеме реакции природной среды на внесенные в нее изменения, хотя бы по причине объективной неопределенности, существующей в природе.

Фундаментальной особенностью структуры научной деятельности является разделенность науки на относительно обособленные друг от друга дисциплины. Это имеет свою положительную сторону, поскольку дает возможность детально изучить отдельные фрагменты реальности, но при этом упускаются из виду связи между ними, а в природе, как гласит известное диалектическое положение, предлагаемое в качестве закона экологии, «все связано со всем». Разобщенность наук особенно мешает сейчас, когда выявилась необходимость комплексных интегративных исследований окружающей среды. **Природа едина. Единой должна быть и наука о всех явлениях природы.**

Еще одна фундаментальная черта науки — стремление абстрагироваться от человека, стать максимально безличной. Эта в свое время положительная особенность науки делает ее ныне неадекватной реальности и ответственной за экологические трудности, поскольку человек стал самым мощным фактором изменения действительности.

Следует также отметить, что политика в области научных исследований, как любая другая форма человеческой деятельности, не обладает такой степенью гибкости, чтобы немедленно реагировать на изменение ситуации, а реагирует с задержками.

Человек овладевает миром через его познание, но это познание не может быть абсолютным. Тем не менее наука, давая человеку ценнейший, неубывающий ресурс — информацию, является необходимым способом отражения объективного мира, и ни мистика, ни интеллектуальное созерцание, ни поэтическое отношение к природе не заменяет науку в деле объяснения мира и прогнозирования последствий его изменения человеком.

Более того, рост масштабов преобразовательной деятельности человека требует повышения теоретического уровня исследований системы «природа—общество», усиления их прогностической мощи, без чего невозможно эффективное управление природой. Чем выше технический уровень, тем более прочные и важные связи в природе нарушаются и тем насущнее потребность в научных рекомендациях для выбора альтернативы: или попытаться облегчить адаптацию среды к техническим новшествам, или изменить и даже отказаться от задуманного плана преобразования.

В дополнение к отмеченным выше преобладанию анализа в науке, ее обезличенности, абстрагирующего характера, чрезмерной специализации, дисгармоничности в развитии ее отдельных частей, выходу за рамки наглядности в ту область, где все решается не объективными законами, а случайностью и свободной волей, можно добавить упрек в том, что **наука и техника способствуют социальному угнетению, в связи с чем раздаются призывы об отделении науки от государства** (П. Фейерабенд).

К парадоксам развития науки относится то, что наука, с одной стороны, сообщает объективную информацию о мире и в то же время уничтожает ее (при различных экспериментах) или что-либо уничтожается на основе научной информации (виды жизни, невоспроизводимые ресурсы).

Но главное, **наука теряет надежду сделать людей счастливыми и дать им истину**. Об этом говорил еще Л.Н. Толстой. Действительность нельзя познать с помощью науки, так как научное познание— это частное познание, имеющее дело с определенными предметами, а не с самим бытием, — утверждает современный немецкий философ К. Ясперс. Сделать человека счастливым науке не удастся никогда, а отказ от претензий на абсолютную истину подорвет ее лидирующую роль в культуре.

Наука как эволюционный процесс

Наука не только изучает развитие мира, но и сама является процессом, фактором и результатом эволюции. Если мы рассмотрим науку как эволюционный механизм, то увидим, что она становится все более сложно организованной системой, не способной практически к самоорганизации. Необходимость перестройки науки вызвана тем, что изменяется мир (под влиянием науки в том числе) и наука должна реагировать на эти изменения как реагирует живой организм.

Очевидна необходимость внутренней целостности естествознания и его связи с гуманитарными и техническими науками. Ценность науки определяется не только отдельными достижениями, а гибкостью ее функционирования как единой системы. Наука должна быть едина, как едина биосфера.

Решая вопрос об эволюции человека, приходим к выяснению роли науки, поскольку наука стала основным фактором эволюции не только в смысле ее вклада в совершенствование разума, но и в смысле ее участия в развитие генной инженерии и т.п. Наука стала великим Конструктором эволюции Земли, и сама эволюция человека зависит от того, каким образом и в каком направлении будет развиваться наука. Наука может ускорить или затормозить эволюцию человека. Естественные механизмы эволюции под влиянием общественного и технического прогресса перестают действовать, а к новым факторам (к примеру, радиоактивности) человек эволю-

ционно не приспособлен. Наука должна находиться в гармонии с эволюцией мира. Другими словами, должен образоваться контур обратной связи между наукой и другими сторонами жизни, который регулировал бы развитие науки.

Эволюция Вселенной, начиная с точки сингулярности, шла по пути увеличения разнообразия мира, создания новых частиц, которые не существовали изолированно, а объединялись в новые целостности — атомы, молекулы, клетки и т.д., упорядоченно функционирующие по своим законам. Аналогично увеличение разнообразия науки должно сопровождаться интеграцией и ростом упорядоченности, а это и называется становлением науки **как целостной интегративно-разнообразной гармоничной системы**.

На эволюцию науки в данном направлении дает основание надеяться известное диалектическое положение о том, что познание мира совершенствуется по мере его преобразования. Человек имеет ныне возможность конструировать самого себя как генетически, так и меняя окружающую среду. Тут возникают новые перспективы и новая ответственность.

В современной науке наблюдаются важные процессы, являющиеся реакцией на те задачи, которые встают в связи с интенсивным уплотнением системы функциональных связей между природой и обществом. Для современной науки становится характерной тенденция экологизации и т.п. Можно предположить, что наука вскоре станет более органичной частью культуры; вся культура будет развиваться как одно целое и часть биосферы, становясь экологичной культурой.

В связи с этим большой интерес в XXI в. может представлять изучение несиловых взаимодействий (в природе и человеческом обществе), дальнодействия, сознательного управления разнообразными процессами. Общее значение науки будет зависеть от того, что она даст для решения фундаментальных проблем человека: переход от потребляющей цивилизации к устойчиво развивающейся; контроль за агрессивностью, который при отсутствии межвидовой борьбы не ведет к эволюции; создание новой структуры личности — любовно-творческой взамен агрессивно-потребительской.

Значение личности в науке

Если результаты науки, как отмечалось ранее, безличны, то какое значение может иметь личность ученого? По крайней мере то, что без своего создателя наука вообще невозможна.

Внешне деятельность ученого спокойна и незаметна: он что-то исследует в лаборатории, пишет в тиши кабинета, публикует результаты, которые потом входят в учебники и жизнь других людей. Однако сама современная наука началась с трагедии, когда за свои научные убеждения был сожжен на костре Джордано Бруно, а год его смерти (1600 г.) стал отправной точкой развития науки Нового времени. В XVII в. Галилею пришлось отречься от своих взглядов перед судом инквизиции.

Наш век повсеместного признания науки был отмечен «обезьяньим процессом» в США, когда школьного учителя судили за преподавание теории эволюции Дарвина, а в СССР ученые преследовались только за то, что занимались научными исследованиями. Выдающемуся русскому ученому Н.Н. Вавилову, погибшему, отстаивая правоту генетики, принадлежат слова, снова возвращающие нас ко временам, когда наука завоевывала себе право на свободное существование: «На костер пойдем, а от своих убеждений не откажемся».

Итак, от ученых требуется мужество в отстаивании своих взглядов, интеллектуальная честность перед собой и другими и иные качества, которыми обладает только личность, не говоря о высоком интеллектуальном потенциале и желании посвятить себя научным изысканиям.

Мотивы занятия наукой

Что же все-таки заставляет человека становиться ученым? Аристотель, пожалуй, первым рассмотревший этот вопрос подробно, назвал в качестве главного стимула познания мира удивление перед ним. По И. Канту, исследователь — это человек, выслушивающий свидетелей, и это определение, быть может, лучше подходит к современной науке, возникшей из цивилизованной воли к власти над природой, дополняемой интеллектуальным интересом.

Выдающийся современный ученый, основатель теории стресса Г. Селье в своей книге «От мечты к открытию» пишет: «Природа хитроумно устроила так, что большинство полезных вещей вызывает у нас субъективное чувство приятности. И это касается не только питания и размножения, но и познания. Открытие в области фундаментальных исследований, например, доставляет радость вне зависимости от его возможного практического применения. Но любое приобретенное таким образом знание рано или поздно становится полезным тем, что увеличивает нашу власть над Природой». В подтверждение он приводит слова одной из зачинательниц исследования радиоактивности в нашем веке Марии Склодовской-Кюри: «Но как раз в этом дрянном старом сарае протекли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвящен-

ные работе. Нередко я готовила какую-нибудь пищу тут же, чтобы не прерывать ход особо важной операции. Иногда весь день я перемешивала кипящую массу железным прутом длиной почти в мой рост. Вечером я валилась с ног от усталости». Стремление к поиску и открытию нового — существеннейшая черта подлинной личности.

Пуанкаре отмечал эстетическую причину познания. «Ученый изучает природу не потому, что это полезно; он исследует ее потому, что это доставляет ему наслаждение, а это доставляет ему наслаждение потому, что природа прекрасна... Я имею в виду ту глубокую красоту, которая кроется в гармонии частей и которая постигается только чистым разумом... красота интеллектуальная дает удовлетворение сама по себе, и, быть может, больше ради нее, чем ради будущего блага рода человеческого, ученый обрекает себя на долгие и тяжкие труды».

«Отыскание истины, — пишет в другом месте А. Пуанкаре, — должно быть целью нашей деятельности; это единственная цель, которая достойна ее».

Радость открытия в идеале должна перевешивать возможные невзгоды и искушения, которых хватает и в настоящее время. «Ученому нужна менее эффектная, но более устойчивая разновидность мужества, с тем чтобы выбрать деятельность, которая наверняка лишит его многих радостей, в том числе в семейной жизни и в достижении благосостояния. Молодым начинающим врачом он должен стремиться к низкооплачиваемой работе в лаборатории, а не к более привлекательной работе в медицинских учреждениях. По мере роста профессионального уровня ему нужна немалая смелость, чтобы отказаться от предложения занять высокооплачиваемую и влиятельную административную должность. Еще большее мужество потребуется для продолжения оригинальной научно-исследовательской работы, не получающей ни моральной, ни материальной поддержки» (Г. Селье). Последнее часто случается, потому что, чем более оригинален ученый, тем более он одинок в своих взглядах, даже если его деятельность приносит ему признание. Результат работы крупного ученого — революция в науке (это верно и с точки зрения современной терминологии, принятой в методологии науки), а революция совершается через преодоление сопротивления и рутины.

В заключение Селье сформулировал мотивы деятельности ученого:

⇒Бескорыстная любовь к Природе и Правде.

⇒Восхищение красотой закономерности.

⇒Простое любопытство.

⇒ Желание приносить пользу.

⇒ Потребность в одобрении.

⇒ Ореол успеха; преклонение перед героями и желание подражать им.

⇒ Боязнь скуки.

Качества, необходимые учёному

Мотивы и требования к научной работе определяют качества, необходимые ученому. Прежде всего, как считает Г.Селье, это способность к творческой работе — «самой облагораживающей и приносящей удовлетворение деятельности, к которой только способен человеческий мозг». «Именно эта способность сохранять контакт самого фантастического полета мысли с окружающим миром и различать значимые для человечества ценности характера для оригинальности и независимости творческого мышления. Гений способен не только уноситься в неизведанное, но и возвращаться назад на землю... Считается, что одной из характернейших черт исключительной одаренности является редкое сочетание яркого воображения с щепетильным вниманием к деталям при объективной проверке идей».

В научном творчестве большое значение имеет сочетание сознательных и бессознательных моментов. Сама научная деятельность несомненно рациональна, но получение результатов невозможно без интуиции. Выдающиеся открытия часто совершались во время прогулки, сна и казались совершенно случайными (вспомним легенду от открытии Ньютоном Закона всемирного тяготения). «Огромное преимущество сознательных видов активности, — писал Г. Селье — состоит в том, что они поддаются целенаправленному регулированию со стороны воли и интеллекта. Но главной слабостью сознательного разума является то, что в каждый данный момент времени он может иметь дело только с одной задачей... К сожалению, инстинкт— это нечто слишком неопределенное, а логика — нечто слишком медлительное для исследования природных явлений».

Сознание является дополнительным к бессознательному инструментом, контролирующим разум. «Здесь уместна аналогия с подводной лодкой, которая работает под водой, вне досягаемости, но периодически всплывает на поверхность для осмотра и ремонта». Гений наводит мосты между инстинктом и интеллектом, чувством и логикой. Гармония всех сторон творческой личности — важнейшая ее черта в целом.

Возвращаясь к платоновской аналогии между физическими и духовными родами, Селье пишет о «поразительном сходстве между механизмами научного творчества и процессом воспроизводства потомства». Принципы организации научной работы, по Селье, заставляют вспомнить сократовский метод познания истины посредством спора. «Возможно, наиболее плодотворным внешним стимулом к творческому мышлению является прямой контакт с другими учеными. В этом случае предпочтительная форма неофициальной дискуссии, причем лучше всего ограничиться очень небольшой группой людей, состоящей из двух–четырех специалистов, которые симпатизируют друг другу и интересуются той же проблематикой».

Незавершенность и критичность науки приводит, по мнению Селье, к необходимости такого качества у ученого, как «постоянная неудовлетворенность имеющимся состоянием дел. Ни одному невозмутимому и самодовольному человеку не удавалось достичь реального прогресса в науке».

В целом же качества, необходимые ученому, как считает Селье, следующие:

⇒Энтузиазм и настойчивость: преданность цели; устойчивость к неудачам, однообразию и успеху; мужество, здоровье, энергия.

⇒Оригинальность: независимость мышления, воображение, интуиция, одаренность.

⇒Интеллект: логика, память, опыт, способность к концентрации внимания, абстрагированию.

⇒Этика: честность перед самим собой.

⇒Контакт с природой: наблюдательность, технические навыки.

⇒Контакт с людьми: понимание себя и других, совместимость с окружающими людьми, способность организовать группы, убеждать других и прислушиваться к их аргументам.

⇒Постоянная неудовлетворенность собой.

Эти качества присутствуют у разных по складу характера ученых, которые также делятся на несколько типов.

Типы личности учёных

Г. Селье предлагает «классификацию» типов ученых.

I.«Делатель».

1.Собиратель фактов. Его интересует только получение новых фактов. Это хороший, добросовестный наблюдатель, лишенный воображения.

2. Усовершенствователь. Постоянно пытается улучшить аппаратуру и методы исследования, настолько увлекаясь их совершенствованием, что не доходит до их применения по назначению.

II. «Думатель».

1. «Книжный червь». Ненасытный читатель, порой обладающий энциклопедическими познаниями, но не стремящийся к экспериментальной работе.

2. Классификатор. Любитель собирать факты какой-либо области исследований и классифицировать их.

3. Аналитик. Ученый, любящий разлагать объекты на составные компоненты, но не интересующийся синтезом нового.

4. Синтезатор. Высший тип ученого, поскольку анализ и классификация служат только предпосылками для синтеза.

III. «Чувствователь».

1. Крупный босс. Прирожденный лидер и игрок по натуре, жаждущий успеха ради успеха. Превосходный политик и организатор, занимающий в конце концов начальственную должность, но не очень стремящийся к непосредственной научной работе.

2. Хлопотун. Испытывает настолько сильное желание все сделать побыстрее, что у него не остается времени подумать о том, что же именно надо делать. Эти вечно спешащие люди не любят Природу, а только насилуют ее, овладевая ее телом, но не душой.

3. «Рыбья кровь». Демонстративно невозмутимый скептик, который во всем сомневается, но не очень стремится создавать.

4. Высушенная лабораторная дама. Как правило, технический сотрудник, незаменимый при выполнении скрупулезной работы, но слишком властный и неудовлетворенный.

5. Самолюбователь. Эгоцентрист, пребывающий в постоянном восторге от собственных талантов.

6. Агрессивный спорщик. Его интересует только собственная правота.

7. «Первостатейная акула». Человек, который старается приписать себе чужую работу и постоянно преувеличивает свое значение за счет других.

8. Святой. Альтруист, который занимается наукой ради принесения пользы человечеству и готов пожертвовать всем для науки.

9. Святоша. Притворяющийся святым.

10. Добрячок. Готов пожертвовать интересами науки и своими собственными ради семьи и детей.

У ученых всех этих типов есть недостатки, которые мешают успешно заниматься наукой. Идеальных ученых Селье разделяет на две группы.

«1. **Фауст — идеальный учитель и руководитель...** Его главными характеристиками являются: воодушевление от возможностей исследования, а не от собственный возможностей; уважение к интересам других; удивительная способность к выделению наиболее значимых фактов; острая наблюдательность; отсутствие ослепляющего предубеждения к людям и научным данным; железная самодисциплина; редкая оригинальность и воображение, соединенные со скрупулезным вниманием к деталям как в технике лабораторной работы, так и при логическом осмыслении результатов. Его не ломает неудача, не развращает успех... 2. **Фамулус — идеальный ученик и сотрудник...** Его ум не так развит, как у его духовного наставника, и совсем не обязательно он превосходит последнего своим юношеским задором... Но его тело значительно лучше выдерживает трудности лабораторных работ, его взгляд острее, движения более уверенны; он может часами стоять у лабораторного стола, не испытывая усталости, и, что важнее всего, у него впереди достаточно много времени, чтобы сделать свои мечты реальностью».

Наука и ценности

Мы отмечали в качестве одной из характеристик науки ее нравственную амбивалентность. Но это не значит, что ценности не имеют никакого значения в естествознании. Сама наука представляет собой определенную ценность. Культурные ценности, господствующие в данном обществе, служат одним из оснований и ограничений развития науки. Скажем, в Китае была запрещена вивисекция, и это привело к тому, что ни анатомия как отрасль науки, ни хирургия как область практической медицины ни достигли должного уровня, но зато получили распространение диагностика по пульсу, иглоукалывание и т.п. В настоящее время на Западе модно движение за запрет вивисекции. Это, конечно, не может не отразиться на науке и технике.

И в пределах одной культуры меняющиеся общественные ценности влияют на развитие науки. Небулярная гипотеза подходила к относительно спокойному XVIII в. Новые представления о Большом Взрыве и расширяющейся Вселенной больше соответствуют ритмам XX в. Конечно философские и социальные ценности прошлого также помогают выдвинуть научную гипотезу и сформулировать сегодняшнюю научную проблему (атом Демокрита, Космос в понимании древних греков и т.д.), хотя окончательный приговор выносит опыт.

Вопрос о соотношении научных принципов и социальных ценностей стоит в современной науке особенно остро. Возросшая мощь

науки в сочетании с ее традиционной целью обеспечения господства над природой приводит к тому, что наука становится все более агрессивной. Современная экспериментальная наука более агрессивна, чем наука древности. Про многие опыты над животными можно сказать, что это изучение через уничтожение. Так продолжается до сих пор в возрастающем масштабе. Не только в прямом, но и в переносном смысле.

Агрессивность современной науки и в том, что около 40% ученых так или иначе связаны с решением задач, имеющих отношение к военной сфере. Агрессивность во многом определяется целями, которые ставит перед наукой общество.

Подтверждением тезиса о роли ценностей в научном познании служат неудачные попытки методологии неопозитивистского толка разграничить, теоретический и эмпирический уровни исследования и свести первый ко второму. Оказалось, что это невозможно, поскольку использование приборов неразрывно связано с существующим теоретическим уровнем знания; имеется также ряд других принципиальных причин.

Наука и этика

По своим результатам наука абсолютно свободна от какой-либо моральной оценки. Принципы притяжения и отталкивания совершенно равнозначны в нравственном смысле, и закон природы выводится вне зависимости от каких-либо этических основ, в отличие от закона юридического. Правда, на поверку выходит, что естественный закон открывает порядок и гармонию в природе, а общественная жизнь часто, несмотря на правовые уложения, оказывается ущербной в нравственном смысле, но это другой вопрос.

Сущность науки внеморальна, но это не значит, что этика не имеет к науке отношения. Она может воздействовать на ход исследований. «Тот факт, что человека нельзя подвергать экспериментам без его желания и согласия (именно поэтому исследователь может производить опасные опыты только над самим собой), следует, правда, не из сущности науки, но из принципа гуманности и прав человека»,— писал К. Ясперс в работе «Смысл и назначение истории».

В процессе развития современной науки появляются все новые проблемы, требующие этического рассмотрения. Научная деятельность и ее технических возможностей усиливает борьбу против экспериментов над животными и т.п. На этапе возникновения науки в Новое время наиболее важны были мировоззренческие задачи —

желание доказать пользу и ценность науки; затем — собственно познавательные, и, наконец, технические. Сейчас в эпоху экологического кризиса, в котором обвиняют науку, последняя должна подтверждать свое реноме. Моральный кризис науки проявляется в той точке, в которой она становится всесильной. «В реальной науке и ее этике произошли изменения, которые делают невозможным сохранение старого идеала служения знанию ради него самого... Мы были убеждены, что это никогда не сможет обернуться злом, поскольку **поиск истины есть добро само по себе.** Это был прекрасный сон», — писал выдающийся физик XX в. М. Борн.

Наука, несомненно, благо — она дает истинное знание, а истина — благо. **Если само по себе научное знание этически нейтрально, его применение включает этические соображения.** Наука может содействовать процессу принятия решений, благодаря определению последствий возможного выбора. Кроме того, ученые, наряду с другими людьми, могут участвовать в выборе и принятии решений.

Современная наука выполнила многие пророчества, содержащиеся в фантастическом произведении Ф. Бэкона «Новая Атлантида», обеспечивая могущество человека над силами природы. Но ученые Новой Атлантиды делали еще и то, что не известно современной науке: «на наших совещаниях мы решаем, какие из наших изобретенийи открытий должны быть обнародованы, а какие нет». Ф. Бэкон, по-видимому, понимал, что не все достижения науки и техники служат благу народа. Это убеждение, подкрепленное отрицательными моментами 400-летнего развития науки, особенно актуально в наши дни, когда становится ясно, что техническая реализация научных достижений увеличивает риск непредвиденных последствий. Результатом ценностной переориентации должна быть бóльшая осторожность науки как фундаментальной, так и прикладной в ее исследованиях и реконструкциях. В связи с этим поворотом симптоматичным выглядят призывы генетиков запретить проведение некоторых опасных по своим возможным последствиям экспериментов.

Сейчас кажутся странными рассуждения древнегреческих философов о том, что раб — это говорящее орудие, к которому неприменимы обычные представления о человеческом достоинстве. Но мы совершенно спокойно рассуждаем о том, что к живым существам неприменимы представления о справедливости и долге. Не исключено, что нашим потомкам эти представления покажутся столь же нелепыми, как и представления древних греков о рабах.

Современные социобиологические исследования позволяют заключить, что этика не есть набор некоторых абсолютных положений, сформулированных раз навсегда. Напротив, выясняется, что нравственные максимы имеют эволюционный характер, и сама этика как наука развивается. Это значит, что в нашу переломную эпоху, когда действительность изменяется с головокружительной быстротой, соревнуясь с прогрессом науки и техники, могут произойти не менее ощутимые изменения в этике. Экспансия науки на новые сферы действительности, более интенсивное воздействие на природную среду созданной на научной основе техники и рост, вследствие этого, ответственности за состояние мира порождают новые регуляторы научной деятельности. Появляются биоэтика, компьютерная этика, инженерная этика, экологическая этика, глобальная этика и т.п.

Отныне ученый должен брать на себя все бóльшую ответственность за окружающий мир. Проводить данные исследования или не проводить, сообщать об их результатах или нет — эти этические дилеммы все острее встают по мере научно-технического прогресса. В конечном счете новые этические проблемы вращаются вокруг вопросов о том, выше ли ценность человека, чем животных (биоэтика), рода, чем индивида (медицинская этика), планеты, чем человека (глобальная этика), человека, чем созданной им техники (инженерная и компьютерная этика).

Биоэтика

Весь круг вопросов, касающихся этических аспектов отношения к живым существам, может быть назван биоэтикой. Название это новое, но многие из затрагиваемых ею проблем обсуждались еще в древнем мире: этико-педагогические проблемы — можно ли по отношению к живым существам соблюдать правовые обязательства в условиях, когда животные не могут заключать с нами договоров, т.е. могут ли живые существа быть равноправны с человеком в юридическом смысле; ценностные проблемы — могут ли живые существа рассматриваться как равноценные с людьми. В Древней Греции велась полемика по этим вопросам, а среди мнений встречались не только противоположные, но и промежуточные. Живые существа признавались равноправными, но не равноценными, или равноценными, но не равноправными.

Современные исследования в области этологии неопровержимо доказывают, что животных нельзя считать механизмами, как полагал Декарт. Они чувствуют, как люди, и это не может не иметь значения для экспериментов, которые проводятся в научных целях.

Значит, все эксперименты, в которых животным причиняется боль, безнравственны? Но ведь большинство лекарств апробированы в экспериментах над животными. По-видимому, нельзя полностью избежать зла в отношениях с природой и считать себя безгрешными. Чистая совесть, как говорил А. Швейцер, — изобретение дьявола. **Людям еще долго придется «откупаться» переживаниями и памятниками экспериментальным животным.**

Экспериментирование над животными есть современная форма жертвоприношений во имя интересов человека, а сетования о гибели природы напоминают извинения древних охотников перед убийством зверя. С нравственной точки зрения вопрос остается таким же, как и тысячи лет назад: допустимо ли убийство и при каких обстоятельствах?

Единственное рациональное основание экспериментов над животными — идущее от Аристотеля через Фому Аквинского представление о том, что человек высшее по сравнению с другими земными видами существо. Но это именно рациональное основание, а не оправдание, потому что истина связана со справедливостью, т.е. заключает в себе нравственное начало, а никакое причинение вреда другим существам не может быть нравственным.

Появление новой науки — биоэтики, помимо традиционных, вызвано новыми проблемами, связанными, скажем, с истреблением не только отдельных представителей, но целых видов животных и растений.

Термин «биоэтика» введен американским биологом В.Р. Поттером, который охарактеризовал ее, как «соединение биологического знания и человеческих ценностей», «науку о выживании», «научный гуманизм», «этическое руководство», «новую культуру». По определению К. Вокса, **биоэтика исследует новые проблемы, присущие технологическому прогрессу и осуществляет поиск нравственных ценностей**, которые могли бы стать руководством для принятия решений в ситуациях, где происходит взаимодействие человека и технологии. Три вектора накладываются на любую конкретную ситуацию: Какие знания дает нам прошлое? Каких действий требует от нас совесть и здравый смысл в настоящем? Каковы будут последствия каждого поступка в будущем?

Различные проблемы объединяются в биоэтике, так как они имеют очевидный биологический компонент, определяющий процессы рождения и смерти живого существа. Но, несмотря на синтетический характер, биоэтика не превращается в биофизику или

бым статусом. Конкретная наука абсолютна по содержанию, но относительна по ценности; этика как часть философии абсолютна по ценности, но относительна по содержанию. Положения этики полностью определяют жизнь человека, но не обязательны для всех; положения науки не полностью определяют жизнь человека, но обязательны для всех.

Биоэтика может быть естественной наукой, рассматривающей конкретные квазиэтические принципы, действующие в самой природе. Но биоэтика также раздел этики, влияющий на человеческие ценности и нравственный выбор. Чтобы биоэтика смогла стать чем-то наподобие биофизики, необходимо, чтобы наука преодолела нравственную амбивалентность. Тогда ценности и факты будут составлять в ней одно целое. Предпосылкой такой науки является представление о природе как ценности. В такой науке из ценностей следовали бы факты, из фактов непосредственно вытекали бы ценности. Так случится, если, скажем, определить красоту как элемент, способствующий выживанию человека и биосферы.

Основная задача биоэтики — выработка системы нравственного регулирования научной деятельности биологов, медиков, представителей других дисциплин, вторгающихся в среду. Как это влияет на результаты исследований? Китайскому философу Лаоцзы принадлежит афоризм: «Только настоящий человек обладает истинным знанием». Что значат эти слова? Не реализуя полностью свою целостную духовно-душевную природу, человек не может понять мир. Если он использует только свой интеллект, его познание неполноценно. Это проявляется непосредственно, например, в использовании жестоких методов подсчета численности животных, приводящих к их гибели.

Итак, биоэтика ценна в трех смыслах. Одно из ее направлений имеет объективное значение: анализ этических дилемм, которые влечет за собой развитие новых научных направлений, и оно будет совершенствоваться в любом случае. Второе имеет отношение к набору вариантов нравственного выбора ученых. Наконец, биоэтика может рассматриваться как модель науки будущего, соединяющей нравственность и объективное знание.

В практическом плане следует отметить беспрецедентный в истории науки случай моратория, введенного в 1975 г. самими учеными на исследования в области выведения новых штаммов бактерий. Этот запрет, продержавшийся недолго, — первая ласточка, за которой следуют другие. Ныне официально запрещены исследования по клонированию человека — созданию генетических двойников.

Проблема ответственности

Одним из важнейших является вопрос об ответственности. Кто ответственен за негативные последствия данного научного открытия и его внедрения в практику: ученый; технический разработчик, который доводит его открытие до практики; создатель инженерной системы; заказчик; правительство; рабочие, занятые в производстве; окружающие; все люди. Это далеко не праздный вопрос, когда дело доходит, скажем, до распределения ответственности за аварию в Чернобыле. Можно построить иерархию ответственности; виновными могут быть признаны многие, но в разной степени: человек, не подозревавший о данном сооружении или оружии, и человек, разработавший его. Про А.Д. Сахарова говорили, что участием в правозащитном движении он как бы реабилитирует себя за изобретение водородной бомбы. Известно, как переживал Оппенгеймер после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Можно полагать, что ученые-теоретики не ответственны за создание оружия, но надо оказаться на месте Гейзенберга или Гана, чтобы решать этот вопрос не со стороны.

Конечно, выяснением только нравственной ответственности здесь ограничиваться нельзя и необходимо ставить вопрос и о правовой ответственности по законам, регулирующим научную деятельность.

Проблема ответственности связана с пониманием того, за что человек отвечает. Ученый, расщепивший атом урана, конечно мог не знать, что его открытие приведет к созданию атомной бомбы, и в этом смысле он менее ответственен, чем разработчик атомного оружия. С другой стороны, непонимание вследствие недостатка информации не служит смягчающим обстоятельством, если человек мог бы узнать, но не захотел этого сделать. Как незнание юридического закона не избавляет от ответственности правовой, так не избавляет человека от ответственности нравственной и нежелание знать и предвидеть последствия своей деятельности. Лучший критерий — совесть, которую Фома Аквинский называл присутствием Бога в человеке. Если совесть неспокойна, значит что-то сделано не так.

Ответственность за научные результаты не снимается, если ученый не может предугадать всех последствий, и это необходимо, чтобы стимулировать его поиски адекватного прогноза. Тем более не снимается ответственность за применение, которому ученый может потенциально воспрепятствовать, не сообщая знания (как в «Новой Атлантиде»). С другой стороны, вся доступная государству информация должна сообщаться населению.

Нужны ли нравственные кодексы учёных?

И этот вопрос имеет смысл, и на него отвечал еще Гиппократ. Кодекс — это конкретизация основных нравственных правил на основе имеющегося в данной области знания и практики опыта. Может ли он принести вред? Может при своей абсолютизации и догматизации, когда забывается, что главной нравственной инстанцией является совесть, а не писанные правила. Но несмотря на этот риск (а любая деятельность, в том числе в области морали, нравственно рискованна) кодексы, регулирующие поведение в определенной профессиональной сфере, как и клятва Гиппократа, нужны.

В античные времена существовала парадигма «знание ради знания», потому что вместо техники работали рабы и не надо было знание применять на практике. В наше время науку стали называть непосредственной производительной силой. Но непосредственное вторжение науки в действительность оборачивается экологическими и нравственными проблемами, которые следует решать до внедрения научных достижений, а не после. Поэтому между научным открытием и его практическим применением должно быть время для оценки. Да и вообще не все научные достижения надо внедрять, что понимал еще Ф. Бэкон, который в «Новой Атлантиде» выделил научные открытия, которые не только не внедряются, но о которых даже не сообщается. Тем более сложно обстоит дело сейчас, когда человечество стало, по словам Вернадского, геологической силой на нашей планете.

Нравственность не мешает науке, а ориентирует ее определенным образом и оказывается, что именно такая ориентация обеспечивает истинное знание, которое находится в единстве с добром и красотой.

Вопросы для повторения

1. Каковы главные выводы из развития естествознания в XX в.?
2. Какие научные революции произошли в XX в.?
3. Каковы механизмы эволюции, выявленные наукой?
4. Какова современная естественнонаучная картина мира?
5. Что представляет собой наука как эволюционный процесс?
6. Каков идеал научного знания?
7. Что такое наука как целостная интегративно-разнообразная система?

8. Каковы мотивы научной деятельности?
9. Какое значение имеет в науке личность?
10. Какие качества необходимы ученому?
11. Какие существуют типы ученых?
12. Каким должен быть идеальный ученый?
13. Как соотносится научная истина с добром и красотой?
14. Как связаны чувства и разум ученого в процессе научной деятельности?
15. Сравните познание и нравственность как формы общественного сознания?
16. Что такое этика науки?
17. Каков статус биоэтики?
18. Назовите традиционные и новые проблемы этики науки.
19. Что входит в нравственный кодекс ученых?
20. Какие разновидности научной этики вы знаете?
21. Каков нравственный идеал науки?

Литература к главе 12

1. *Вернадский В.И.* Размышления натуралиста. В 2 кн. Кн. 2. — М., 1977.
2. *Краткий* миг торжества. — М., 1989.
3. *Леопольд О.* Этика Земли / Календарь песчаного графства. — М., 1983.
4. *Мир* вокруг нас. — М., 1983.
5. *Пуанкаре А.* О науке. — М., 1983.
6. *Селье Г.* От мечты к открытию. — М., 1987.
7. *Швейцер А.* Культура и этика. — М., 1973.

Практикум к семинару

I. Ответьте на вопросы.

1. Что такое структурные уровни организации материи?
2. Как с помощью этих представлений достигается единство научного знания?
3. Что такое естественнонаучная картина мира?
4. Какие попытки построить единую науку предпринимались раньше и как эта проблема решается сейчас?
5. Что такое дифференциация и интеграция научного знания?

6. Почему идеалом науки является наука как целостная интегративно-разнообразная гармоничная система?
7. Каковы предмет и методы основных естественных наук?
8. Как изменялась в XX в. методология естествознания и почему она получила большое развитие?
9. Назовите 20 основных понятий современного естествознания и дайте их характеристику.
10. Опишите 10 крупнейших открытий современного естествознания.
11. В чем сходство и различия изучаемых естествознанием типов систем (простые и сложные, устойчивые и неустойчивые, закрытые и открытые и т.п.)?
12. Что общего и какие отличия у проблем происхождения материи, Вселенной, жизни, человека?
13. Какие существуют общие закономерности функционирования природы?
14. Каково различие между законом, развитием и целесообразностью?
15. Кто такие сциентеисты и антисциентеисты? Кто из них прав?
16. Какова роль личности в развитии науки?
17. Каково влияние национального характера ученого и культуры, в которой он воспитан, на его работу?
18. Был бы открыт закон всемирного тяготения, если бы не родился Ньютон?
19. Каковы мотивы занятия наукой?
20. Какими качествами должен обладать ученый?
21. Какова роль в науке мужества, честности, интеллекта, удивления, интереса?
22. Почему И.П. Павлов поставил перед своим институтом памятник собаке?
23. Почему возрастает роль этических аспектов науки?
24. Кто прав — Фрейд или Эйнштейн — в споре о том, должен ли ученый и имеет ли это смысл бороться против опасности войны и других деструктивных действий человека?

25. Какова роль ценностей в науке?
26. Каковы ценностные условия возникновения науки в Новое время?
27. В чем специфика биоэтики как науки особого типа?
28. Как этические аспекты влияют на развитие науки в наше время?
29. Необходимы ли нравственные кодексы ученых?
30. Каковы традиции русской научной школы?
31. Что породило необходимость создания глобальной этики, этики Земли, этики благоговения перед жизнью, компьютерной этики, инженерной этики и т.п.?
32. Что такое наука как эволюционный процесс и часть биосферы?
33. Как вы понимаете науку как «третий мир» — мир познания?

II. Прокомментируйте высказывания.

«Смотрю ли я с оптимизмом на будущее науки? Оптимисты, пессимисты — трудно сказать, кто мы, потому что наука принесла людям и много хорошего, и вместе с тем — атомные бомбы, ракеты и другие виды оружия, которые представляют угрозу человечеству. В современной международной обстановке эти научные достижения представляют большую опасность. Катастрофы не должно быть, ибо она принесет гибель всему нашему миру. Чтобы этого не случилось, нужно взаимопонимание. Между коллегами, народами, государствами. Между наукой и обществом. Ученый обязан оценивать вред и пользу, которые его наука способна принести человечеству» (Х. Альвен).

«Узкий специалист теряет общую перспективу» (Г. Селье).

«Точно так же как сам человек, его разум и его тело развиваются в соответствии с кодом, записанным в двух крошечных клетках, так и сложнейшая организация научного учреждения базируется на одной идее, плане проекте» (Г. Селье).

«Одна из особенностей моей работы состоит в том, что я почти не перестаю думать о текущей проблеме. Я редко отрываюсь, если только не происходит чего-то действительно требующего моего внимания, вроде ведения машины в опасном месте. Тогда приходится прерываться, но непрерывность для меня кажется очень важной: мне нужно продолжать работу мысли» (Дж. Чу).

«Я никогда не читаю. Это мешает мне думать» (П. Дирак).

III. Изобразите на доске таблицы.

1. Структурные уровни организации материи.

Вид материи	Часть пространства	Тип систем	Наука	Вид эволюции
Вселенная	Мегамир	Простые	Астрономия	Космическая
Галактика	— " —	— " —	— " —	— " —
Звезда	— " —	— " —	— " —	— " —
Планета	Макромир	Сложные	Геология	Земная
Биосфера	— " —	С обратной связью	Экология	Экологическая
Сообщество	— " —	То же	— " —	— " —
Популяция	— " —	— " —	— " —	Биологическая
Вид	— " —	— " —	Этология	— " —
Организм	— " —	— " —	Биология	— " —
Клетка	Микромир	Без обратной связи	Генетика	— " —
Молекула	— " —	То же	Химия	Химическая
Атом	— " —	— " —	Физика	Физическая
Элементарная частица	— " —	— " —	— " —	— " —
Кварк	— " —	— " —	— " —	— " —

2. Главные науки XX в.

Космология, теория относительности, квантовая механика, синергетика, кибернетика, генетика, экология, этология, этнология, социобиология, методология науки, этика науки.

3. Мотивы деятельности ученого.

Радость познания, стремление к поиску, удивление, красота природы, отыскание истины, интеллектуальный интерес, любопытство, престиж, любовь к природе и правде, желание приносить пользу, ореол успеха (желание подражать великим), боязнь скуки.

4. Качества, необходимые ученому.

Способность к творческой работе (оригинальность мышления, воображение, интуиция), интеллект (логика, память, опыт, способность к концентрации внимания, абстрагированию), энтузиазм и настроенность (преданность цели, устойчивость к удачи, однообразию и неудачам, мужество, здоровье, энергия, самодисциплина), честность перед самим собой, стремление к истине,

контакт с природой (наблюдательность, технические навыки), контакт с людьми (понимание себя и других, совместимость с окружающими, способность организовывать группы, убеждать других и прислушиваться к их аргументам), постоянная неудовлетворенность собой.

5. Типы личности ученых.

А. Делатели (собиратели актов, усовершенствователь методов).

Б. Думатели (книжные черви, классификаторы, аналитики, синтезаторы).

В. Чувствователи (крупные боссы, невозмутимые скептики, высушенные лабораторные дамы, самолюбователи, агрессивные спорщики, первостатейные акулы, святые, святоши, добрячки).

Г. Идеальный тип — Фауст (испытывающий воодушевление от возможностей исследования, а не от собственных возможностей).

Д. Идеальный ученик — Фамулус (острый взгляд, уверенные движения, выносливость).

6. Отличие научных положений от этических.

Положения науки	Положения этики
Закон, гипотеза, теория	Постулат, максима
Ценностно нейтральные	Ценностно значимые
Описание	Норма
Детерминация	Свобода
Обобщение	Индивидуальный выбор
Обязательны для всех	Обязательны для данной культуры
Относятся к части человека и его поведения	Определяют все поступки человека во всех сферах

ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И ДОКЛАДОВ НА СЕМИНАРАХ

1. Что такое наука? Ее основные черты и отличия от других отраслей культуры.
2. Что такое естествознание и в чем его отличия от других областей науки?
3. Сущность и основные особенности научно-технической революции.
4. Классификация естественных наук.
5. Структура естественнонаучного познания.
6. Общенаучные и конкретно-научные методы исследования.
7. Специфика научных революций.
8. Научные революции в XX в.
9. Теория познания и современное естествознание.
10. Основные методологические концепции развития современного естествознания.
11. Современная научная картина мира.
12. Этические проблемы естествознания.
13. Перспективы естественнонаучного познания.
14. Концепции сциентизма и антисциентизма.
15. Место и роль науки в общественной жизни современного человека.
16. Связь современного естественнонаучного познания с техникой.
17. Экологическое значение естествознания.
18. Роль математики в современном естествознании.
19. Модель Большого Взрыва и расширяющейся Вселенной.
20. Происхождение и развитие галактик и звезд.
21. Происхождение Солнечной системы.
22. Современные проблемы астрофизики.
23. Проблемы происхождения и развития Земли.
24. Основные положения глобальной тектоники.

25. Главные выводы специальной и общей теории относительности.
26. Современные проблемы квантовой механики.
27. Роль вероятностных методов в классической физике и квантовой механике.
28. Значение синергетики для современного естественнонаучного познания.
29. Общенаучное значение понятия «энтропия».
30. Проблемы соотношения вещества и поля, материи и энергии.
31. Роль симметрии и асимметрии в научном познании.
32. Проблемы соотношения сохранения и эволюции.
33. Современные представления о пространстве и времени.
34. Характеристика основных физических взаимодействий.
35. Основные проблемы современной химии.
36. Проблема детерминизма и индетерминизма в современном естествознании.
37. Проблема сущности живого и его отличия от неживой материи.
38. Естественнонаучные модели происхождения жизни.
39. Основные проблемы генетики и роль воспроизводства в развитии живого.
40. Современные проблемы цитологии и роль клетки в развитии живого.
41. Основные проблемы синтетической теории эволюции.
42. Роль мутаций и окружающей среды в эволюции живого.
43. Основные проблемы экологии и роль среды для жизни.
44. Закономерности развития экологических систем.
45. Роль разнообразия в живой природе.
46. Учение В.И. Вернадского о биосфере.
47. Иерархическое строение биосферы и трофические уровни.
48. Механизмы обратной связи и их значение.
49. Организация и самоорганизация в живой природе.
50. Основные проблемы этологии и роль агрессии в эволюции видов.
51. Гипотеза Геи–Земли как единого организма и ее естественнонаучное обоснование.
52. Основные различия между растениями и животными.
53. Представление о коэволюции.
54. Влияние космического излучения и солнечной энергии на живые тела и общественные процессы.
55. Новые данные о происхождении человека и поиски его прародины.

56. Основные проблемы социобиологии.
57. Человек как предмет естествознания и обществознания.
58. Естественнонаучный статус психоанализа.
59. Бихевиоризм и проблема психогенеза.
60. Модель «расширяющегося сознания» и ее соотношение с классическими представлениями.
61. Основные проблемы парапсихологии.
62. Основные методы современной нейрофизиологии.
63. Проблемы этнологии и теория пассионарности Л.Н. Гумилева.
64. Основные проблемы кибернетики.
65. Роль информации как общенаучного понятия и его соотношение с понятиями вещества и энергии.
66. Значение системного, структурного и функционального подходов в современном естествознании.
67. Донаучное, научное и теологическое понимание целесообразности.
68. Соотношение глобальной экологии, социальной экологии и экологии человека.
69. Концепция ноосферы и ее научный статус.
70. Естественнонаучное обоснование нравственности.
71. Наука как эволюционный механизм.
72. Проблема множественности разумных миров и изучение НЛО.

ТЕМЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНАМ И ЗАЧЕТАМ

1. Основные особенности научно-технической революции.
2. Характерные черты науки и ее отличие от других отраслей культуры.
3. Предмет естествознания и его отличие от других областей науки.
4. Структура естественнонаучного познания.
5. Всеобщие, общенаучные и конкретно-научные методы познания.
6. Специфика научных революций и научные революции в XX в.
7. Модель Большого Взрыва и расширяющейся Вселенной.
8. Происхождение и развитие галактик и звезд; процессы, происходящие в них.
9. Происхождение Солнечной системы и развитие Земли.
10. Главные результаты общей и специальной теории относительности.
11. Особенности квантовой механики.
12. Значение синергетики для современной науки.
13. Происхождение, развитие и виды физической материи.
14. Характеристика основных физических сил и взаимодействий.
15. Современные представления о пространстве и времени.
16. Кибернетика, ее основные понятия и результаты.
17. Отличие живого от неживого и модели происхождения жизни.
18. Результаты генетики и механизм воспроизводства жизни.
19. Понятия и законы экологии. Причины глобального экологического кризиса.
20. Основные положения общей теории эволюции и концепции коэволюции.
21. Развитие нервной системы, поведение животных и основные достижения этологии.

22. Учение В.И. Вернадского о биосфере и его значение для экологических исследований.
23. Основные понятия и результаты социобиологии.
24. Происхождение и эволюция человека. Его отличия от животных.
25. Развитие человеческих общностей и теория этногенеза Л.Н. Гумилева.
26. Биологическая детерминация психических процессов и изучение мозга человека.
27. Сознание и бессознательное. Гипотеза «расширяющегося сознания» и ее соотношение с классическими представлениями.
28. Научное понимание закона и целесообразности.
29. Структурные уровни организации материи и их определение.
30. Концепция ноосферы и ее научное обоснование.
31. Значение естествознания для культуры (универсальная схема развития, обоснование нравственности и т.п.).
32. Будущее и идеал естествознания.
33. Личность и типы ученых.
34. Этические проблемы науки.

СТРУКТУРА ОТВЕТОВ НА ВОПРОСЫ НА ЗАЧЕТАХ И ЭКЗАМЕНАХ

1. Основные особенности научно-технической революции.

Определение НТР. Почему она так называется?

Время и причины возникновения НТР и ее связь с промышленной революцией XVIII–XIX вв. и с научными революциями в XX в.

Основные достижения НТР: создание атомной бомбы, выход в космос, создание ЭВМ, радиоэлектроника, «зеленая революция», использование новых металлов и химических соединений и т.д. Роль современного естествознания в достижении каждого из этих результатов.

Становление единой системы наука — техника. Единство технологии и рациональной структуры науки и техники. Ускорение внедрения научных открытий в практику.

Отрицательные последствия НТР, их причины и способы преодоления. Роль науки в решении данной проблемы.

2. Характерные черты науки и ее отличие от других отраслей культуры.

Определение науки как отрасли культуры, системы знаний и социального института.

Характерные черты науки: универсальность, фрагментарность, общезначимость, безличность, систематичность, незавершенность, преемственность, критичность, достоверность, внеморальность, рациональность, чувственность. Их диалектическая связь.

Относительный и интерсубъективный характер научных истин.

Отличие науки от других отраслей культуры: мистики, искусства, мифологии, религии, философии, техники, идеологии.

Отличие науки от обыденного сознания.

Предыстория развития науки в античном мире. Становление науки в Новое время и цели, поставленные перед ней.

Роль внешних и внутренних факторов в развитии науки. Почему наука возникла именно в Новое время в западной культуре. Закон движения Аристотеля и мысленный эксперимент Галилея. Медицина в Китае и в западных странах.

Эволюция и место науки в системе культуры в наши дни.

3. Предмет естествознания; отличие естествознания от других областей науки.

Определение естествознания как одного из циклов наук.

Роль естествознания в становлении науки. Почему физику называли «матерью наук».

Основные особенности естествознания: аналитичность, опора на эксперимент, применение математики.

Всеобщий характер истин естествознания.

Отличие естествознания от гуманитарных наук. «Две культуры» по Ч. Сноу. Споры физиков и лириков. Связь естественного и гуманитарного познания.

Отличие естествознания от технических наук. Преимущественно познавательная направленность первого и преимущественно преобразовательная направленность второго. Связь естественных и технических наук в эпоху НТР.

Отличие естествознания от математических наук. Причины широкого применения математики в наиболее развитых областях естествознания и трудности применения в других областях.

4. Структура естественнонаучного познания.

Что такое структура познания?

Два уровня естественнонаучного познания и объяснение этого факта. Сходство и отличия эмпирического и теоретического уровней.

Соотношение эмпирического уровня и чувственного познания, теоретического уровня и рационального познания.

Почему эмпирический уровень называется кумулятивным, а теоретический — преемственным?

Различие между аксиоматическим и гипотетико-дедуктивным методом как основным в современном естествознании, особенно в физике.

Значение выведения следствий из теории дедуктивным путем. Свойства, которыми эти следствия должны обладать. Примеры.

Способы эмпирической проверки теорий, их название и объяснение потребности в них. Различие между верификацией и фальсификацией.

Объяснение того, что подтверждающих экспериментов может быть очень много, но сколько бы их ни было, достоверность теории никогда не достигает стадии абсолютной истины, в то время как одного опровергающего (решающего) эксперимента достаточно для опровержения теории. Используйте при этом представление о всеобщности научной теории.

5. Всеобщие, общенаучные и конкретно-научные методы познания.

Определение метода. Что такое научный метод? Его роль в познании.

Различия между всеобщими, общенаучными и конкретно-научными методами.

Характеристика всеобщих методов: анализа и синтеза, индукции и дедукции, интуиции и дискуссии, сравнения, идеализации и т.д.

Характеристика общенаучных методов: наблюдения, эксперимента, моделирования. Специфика научного наблюдения и эксперимента.

Роль эксперимента, в том числе мысленного, в становлении естествознания в Новое время.

Теоретические методы исследования.

Характеристика конкретно-научных методов исследования. Примеры из современного естествознания.

Научный метод в естествознании как образец научной методологии.

Определение методики и методологии. Сравнение метода, методики и методологии.

Значение логики в естественнонаучном познании.

6. Специфика научных революций и научные революции в XX в.

Соотношение кумулятивности и преемственности в развитии научного знания. Принцип соответствия.

Этапы развития науки по Т. Куну. Что такое «нормальная наука»?

Определение парадигмы и исследовательской программы. Отличия во взглядах на научную революцию Куна, Поппера и Лакатоса.

Определение понятия «научная революция». Сходства и отличия научной революции от научно-технической и социально-политической революций. Факторы, ведущие к научной революции.

Научные революции в XX в. в космологии, физике, биологии, антропологии. Характеристика каждой из них и их общие черты. Влияние внешних и внутренних факторов на ход научной революции.

Возможно ли предсказание научной революции?

7. Модель Большого Взрыва и расширяющейся Вселенной.

Что такое Вселенная в отличие от Универсума и бытия? Определение Вселенной.

Стационарность и нестационарность Вселенной.

Научные революции в космологии и научная революция в XXв.

Роль теории относительности в становлении новых представлений. Эмпирические подтверждения расширения Вселенной. Что такое красное смещение и кто его обнаружил?

Создание и характеристика модели Большого Взрыва. Точка сингулярности.

Как может появиться материя из вакуума?

Проверка модели Большого Взрыва. Нахождение реликтового излучения.

Что было до Большого Взрыва? Бесконечность и безграничность. Соотношение конкретно-научных и философских вопросов. Близость современных космогонических представлений взглядам Гераклита и стоиков. Космос и хаос.

8. Происхождение и развитие галактик и звезд.

Зачем нужны галактики? Определение галактики.

Форма и строение галактик. Процессы, протекающие в них.

Зачем нужны звездные системы? Их структура.

Характеристика небесных тел. Отличие звезды от планеты. Что такое термоядерный синтез?

Квазары и пульсары. Когда они были открыты. Их определение.

Черные и белые дыры. Почему они так называются? Гравитационный коллапс и антиколлапсионный взрыв.

Эволюция обычных звезд и красных гигантов и процессы, происходящие в их недрах.

Нейтронные звезды. Почему они так называются?

Суть гипотезы В. Амбарцумяна о происхождении звездных систем. Когда и в каких обстоятельствах она появилась? Что такое звездные ассоциации?

9. Происхождение Солнечной системы и развитие Земли.

Две модели происхождения Солнечной системы. Их особенности и характеристики.

Возраст Солнца и Земли и его влияние на построение данных моделей.

Строение Солнца и Солнечной системы. Влияние солнечной активности на земные процессы.

Условия, способствовавшие появлению жизни на Земле.

Свойства Земли: ядро, мантия, земная кора, гидросфера, атмосфера. История Земли. Две концепции причин горообразовательных процессов в земной коре.

Гипотеза А. Вегенера о едином континенте и ее эмпирическое подтверждение в конце 50-х годов XX в.

Тектоника литосферных плит. Что это такое и почему они движутся?

Процесс образования гор на земном шаре.

10. Главные результаты специальной и общей теории относительности.

Эмпирическая основа теории относительности.

Почему она так называется и кто ее автор? Для каких процессов справедлива теория относительности?

Что относительно в теории относительности и что абсолютно? Что такое точка отсчета?

Определение инерциальной системы. Главные выводы специальной теории относительности.

Что происходит с пространством и временем при скоростях, близких к скорости света? Определение кривизны пространства и пространственно-временного континуума.

Универсальность физических законов и потребность в общей теории относительности. Что такое неинерциальные системы? Определение системы тяготения.

Чем общая теория относительности отличается от специальной?

Как соотносятся в теории относительности материя и энергия? Как это повлияло на законы сохранения материи и энергии? Явление аннигиляции.

Связь между законами сохранения и законами развития.

Возникновение проблемы создания единой теории поля.

11. Особенности квантовой механики.

Предмет квантовой механики. Специфика изучения микромира по сравнению с изучением мега- и макромира.

Понятие кванта. Отличие частицы от волны. Примеры квантомеханических объектов.

Корпускулярно-волновой дуализм и его обнаружение. Принцип дополнительности и его автор.

Что такое соотношение неопределенностей и кто его автор? Что определяют с его помощью?

Принципиальное отличие применения вероятностных методов в квантовой механике, классической физике и статистике. Понятие детерминизма, индетерминизма и неоднозначного детерминизма. Причинность и случайность. Случайность и закономерность.

Что такое субъект-объектное единство? Роль прибора в квантовой механике. Причины появления понятия физической реальности.

12. Значение синергетики для современной науки.

Предмет синергетики и ее основоположник.

Определение простой, сложной, закрытой, открытой, устойчивой и неустойчивой системы. Примеры.

Понятия энергии и энтропии, флуктуации, бифуркации. Равновесные и неравновесные области.

Связь синергетики и термодинамики. Роль энергии в образовании новых структур. Понятие диссипативной структуры. Этапы становления нового в неживой природе.

Универсальная схема развития по Пригожину.

Модель происхождения материи. Условия возникновения материи: предвремя и всплеск энтропии, наличие неравновесности.

Этапы создания материи: происхождение пространства и появление из него материи.

Решение синергетикой парадокса времени и космологического парадокса.

13. Происхождение, развитие и виды материи.

Эволюция материи после Большого Взрыва: элементарные частицы, атомы, молекулы.

Модель происхождения материи по Пригожину. Условия, необходимые для возникновения физической материи.

Четыре состояния вещества. Что такое плазма?

Кварки и их свойства. Дробный заряд.

Два основных вида материи. Отличие вещества от поля.

Отличие частиц от волн. Корпускулярно-волновой дуализм квантовомеханических объектов.

Почему атом, химический элемент и элементарные частицы так называются?

Гравитационная и инертная массы. Их эквивалентность и отличие друг от друга.

14. Характеристика основных физических сил и взаимодействий.

Почему они так называются: силы и взаимодействия? Четыре основные физические силы. Их название и основная характеристика.

Особенности гравитационного взаимодействия. Тяготение. Его универсальность. Что такое масса покоя? Следствия гравитационного взаимодействия и его смысл.

Особенности электромагнитного взаимодействия. Между какими телами оно действует и зачем нужно?

Особенности сильного и слабого взаимодействия. Почему они так называются и чем отличаются друг от друга. Значение сильного и слабого взаимодействия.

Главные отличия сильного и слабого взаимодействия от гравитационного и электромагнитного.

15. Современные представления о пространстве и времени.

Основные свойства пространства и времени в классической физике, релятивистской физике и синергетике.

Однородность и неоднородность, изотропность и анизотропность, обратимость и необратимость, абсолютность и относительность пространства и времени.

Что нового внесли теория относительности и синергетика в представления о пространстве и времени?

Отличия физического пространства от субъективного. Отличия физического времени от психологического.

Способы измерения физического времени. Понятие кривизны пространства. Что такое пространственно-временной континуум?

Парадокс времени. Как он разрешается в синергетике? Что такое предвремя?

Обратимость физических законов. Ситуация с этим в биологии и общественных науках. Биологическое и социокультурное время.

Соотношение пространства, времени и материи.

16. Кибернетика, ее основные понятия и результаты.

Предмет кибернетики и ее основоположник.

Понятие объективной информации. Как понятие информации соотносится с понятиями материи, энергии, энтропии?

Что такое «черный ящик» и обратная связь? Положительная и отрицательная обратная связь. Гомеостаз и гомеостатические системы. Примеры.

Функциональный подход и его соотношение с вещественным и структурным подходами.

Характеристика кибернетического моделирования. Модели мира как пример кибернетического моделирования. Результаты глобального моделирования.

Что такое контринтуитивный принцип?

Кибернетизация научного познания и общественной жизни.

17. Отличие живого от неживого и модели происхождения жизни.

Три основных отличия живого от неживого: по вещественному составу, структуре, функциям.

Из чего состоят живые тела? Характеристика белков и нуклеиновых кислот.

Какова структура клетки? Характеристика ядра, цитоплазмы, оболочки.

Два значения понятия самовоспроизводства: размножение и метаболизм.

Что такое метаболизм и зачем он нужен?

Причины трудности научного решения проблемы происхождения жизни. Креационизм. Панспермия.

Первая научная модель происхождения жизни, время ее появления и автор.

Предварительные условия возникновения жизни на Земле. Два этапа возникновения жизни по Опарину. Почему они так называются — химический и биохимический — и в чем их суть? Как появилась первая клетка?

Результаты эмпирической проверки модели Опарина. Кем и когда они произведены?

Почему жизнь не может зародиться на Земле сейчас? Как Пастер доказал это?

18. Генетика и механизм воспроизводства жизни.

Как и когда появилась генетика. Ее создатель.

Этапы развития генетики. Характеристика каждого из них.

Что такое ген? Что изучает генетика? Значение для жизни нуклеиновых кислот.

Что такое ДНК и РНК? Структура ДНК. Почему ДНК называют нитью жизни?

Разновидности РНК. Значение каждой из них.

Что такое хромосома и рибосома? Как происходит деление клеток, ядра и ДНК. Механизм воспроизводства жизни. Как происходит биосинтез?

Что такое мутация и какие мутации бывают. Эволюция видов с точки зрения генетики.

Генная инженерия. Ее положительные результаты и потенциальные опасности. Примеры: клонирование, создание новых штаммов бактерий и т.п.

19. Понятия и законы экологии.

Экология как наука. Ее предмет.

Основные понятия экологии: популяция, сообщество, экологическая ниша, экосистема.

Иерархическая структура экосистем. Характеристика трофических уровней.

Закономерности экологии: закон минимума, закон толерантности, принцип конкурентного исключения и т.д.

Что такое сукцессия? Этапы развития экосистем. Соотношение стадии роста и стадии зрелости. Основной закон экологии.

Взаимодействие человека с экосистемами. Глобальный экологический кризис и его причины. Какие изменения должны произойти во взаимоотношении человека с окружающей средой, чтобы преодолеть угрозу экологической катастрофы?

Результаты изучения систем «хищник—жертва» и «хозяин—паразит». Суть концепции коэволюции. Гипотеза Геи—Земли. Что такое Земля как квазиживое тело? Основания считать Землю самоуправляемой системой.

Концепция устойчивого развития.

20. Учение В.И. Вернадского о биосфере.

Понятие биосферы до Вернадского и переосмысление им этого понятия.

Влияние на Вернадского учения Докучаева о почве.

Почему Вернадский назвал свои выводы эмпирическими обобщениями и что это такое?

Основные выводы Вернадского: принцип целостности, гармонии, растекания жизни, постоянства химического аппарата биосферы, равенства количества живого вещества и свободного кислорода, биосферы как трансформатора и т.д.

Понятие живого вещества как части биосферы.

Взгляды Вернадского на происхождение жизни на Земле.

Влияние Вернадского на создание концепции ноосферы. Собственная интерпретация Вернадским этой концепции.

Значение учения о биосфере для развития экологических исследований и решения проблемы взаимоотношений человека со средой его обитания.

21. Основные положения общей теории эволюции и концепции коэволюции.

Определение общей теории эволюции и обстоятельства ее появления. Почему она так называется?

Понятие вида как основной единицы биологической классификации. Вид и индивид. Онтогенез и филогенез.

Понятия адаптации, естественного и искусственного отбора, борьбы за существования, приспособления как основные в теории эволюции.

Что такое мутации и как они приводят к эволюции видов?

Возражения против теории эволюции Дарвина и их частичное снятие генетикой.

Концепция коэволюции и ее суть. Что внесли экологические исследования в ее создание?

Как происходит эволюция видов в соответствии с концепцией коэволюции?

Соотношение между общей теорией эволюции и концепцией коэволюции.

Концепция устойчивого развития и концепция ноосферы как варианты применения коэволюции к отношениям человека и природы.

Гея-гипотеза и ее связь с концепцией коэволюции.

22. Развитие нервной системы и основные выводы этологии.

Понятие раздражимости, нейрона, синапса. Развитие нервной системы в живых телах.

Рефлекс и рефлекторная дуга. Отличие условных рефлексов от безусловных. Значение русской школы рефлексологии и учения И.П. Павлова.

Центральная нервная система. Механизм передачи нервного возбуждения от органов чувств через центральную нервную систему к исполнительным органам.

Предмет этологии и ее соотношение с рефлексологией и бихевиоризмом.

Инстинкт и его отличие от рефлекса. Основные инстинкты и их соотношение друг с другом.

Отличие научения от инстинкта. Виды научения и их отличия друг от друга. Запечатление.

Общественные формы поведения животных: личная и безличная семья, кастовая и некастовая иерархическая группа, анонимная стая.

23. Основные понятия и результаты социобиологии.

Предмет социобиологии, время и обстоятельства появления этой науки. Результаты, стимулировавшие становление социобиологии.

Генетическая предопределенность чувств и интеллекта. Изучение генов общественных животных.

Генетическое обоснование общественной жизни. Споры о генах эгоизма и альтруизма. Генетическое обоснование самопожертвования.

Понятия индивидуального, родственного и группового отбора.

Обоснованность перенесения результатов социобиологии на человека. Соотношение биологического и социального в животных и человеке. Существует ли естественный отбор в человеческом обществе? Понятие социального наследования.

Социобиологическое и социокультурное.

24. Происхождение и эволюция человека; его отличия от животных.

Отличия человека от животных: изготовление орудий, использование огня, прямохождение, захоронение трупов, понятийное мышление, речь.

Стадии развития человека и их характеристика: человек умелый, человек прямоходящий, неандерталец, человек разумный. Постепенное увеличение и усложнение мозга, создание материальной и духовной культуры, преобразование среды.

Условия происхождения человека: роль природной среды и му-ации.

Взаимоотношения первобытного человека с природой: Маугли и охотник.

Стадии хозяйственной эволюции человека: охотничье-собирательное хозяйство (дикость), неолитическая революция, земледельческо-скотоводческое хозяйство (варварство), появление первых цивилизаций.

Каменный, бронзовый, медный, железный века как стадии развития материальной культуры.

25. Развитие человеческих общностей и концепция этногенеза Л.Н. Гумилева.

Специфика общественной жизни человека и ее роль в формировании и развитии человека как вида. Социальная сущность человека.

Становление форм общественной жизни у человека: семья, род, племя, этнос.

Понятие этноса и его соотношение с понятием нации. Этногенез.

Концепция этногенеза Гумилева как естественнонаучная. Понятие пассионарности. Причины появления пассионарных личностей.

Стадии становления этноса: активная фаза формирования, акматическая фаза, инерционная фаза, мемориальная фаза, реликтовая фаза. Сравнительная характеристика каждой из фаз.

Степень научного обоснования данной концепции.

26. Изучение мозга человека; сознание и бессознательное.

Специфика человеческого мозга. Наличие локальных центров и функциональная асимметрия полушарий. Сравнительная характеристика правого и левого полушарий.

Методы изучения мозга и достижения нейрофизиологии. Ее связь с психологией.

Сознание и бессознательное как два уровня психики человека. Их отличие друг от друга.

Подсознание и сверхсознание. Бессознательное, по Фрейду и Юнгу. Отличие психоанализа Фрейда от аналитической психологии Юнга.

Основные понятия психоанализа: вытеснение, замещение, Оно, Я, сверх-Я, самость.

Природа сознания. Физиологическая детерминация психических процессов.

Гуманистический психоанализ Фромма.

27. Гипотеза «расширяющегося сознания» и ее соотношение с классическими представлениями.

Классическая модель сознания: сознание как продукт деятельности мозга. Зависимость сознания от сенсорной информации, предоставляемой органами чувств.

Эмпирические основания холотропной модели сознания. Ее автор и время появления. Результаты опытов под гипнозом и с применением ЛСД.

Характеристика холотропной модели сознания и ее главные отличия от классической модели. Соотношение холотропной модели с психоанализом и аналитической психологией.

Парапсихология: ее предмет, время появления и научный статус. Трудности, перспективы и опасности, связанные с ее развитием. Кодирование личности и психотропное оружие.

28. Научное понимание закона и целесообразности.

Закон как цель естественнонаучного исследования. Понятие закона. Причины его важности в естествознании.

Типы законов, существующих в науке: детерминистский закон, вероятностный закон, закон как тенденция, закон как ограничение разнообразия. Их отличие друг от друга. Примеры различных типов законов.

Соотношение закона и целесообразности.

Донаучное, телеологическое и теологическое понимание целесообразности. Научное понимание целесообразности и его отличие от всех остальных. Примеры систем, действующих целесообразно.

Понятие целесообразного и нецелесообразного поведения. Целесообразность в неживой и живой природе.

29. Структурные уровни организации материи и их определение.

Современная естественнонаучная картина мира и ее основные особенности.

Концепция структурных уровней организации материи и ее значение для естественнонаучной картины мира.

Характеристика и определение основных структурных уровней: Вселенная, галактика, звездная система, планета, биосфера, сообщество, популяция, индивид, клетка, молекула, атом, элементарная частица, кварк. Способ организации и отличия каждого из этих уровней.

Принципы определения основных понятий естествознания на основе концепции структурных уровней.

Понятия организации, самоорганизации, структурного уровня.

Характеристика системного подхода.

30. Концепция ноосферы и ее научное обоснование.

Роль учения о биосфере в становлении концепции ноосферы. Ее создатель и время появления.

Понятие ноосферы. Ее характеристика.

Научное обоснование становления ноосферы, исходя из эволюционных представлений о развитии структурных уровней организации материи.

Геогенез, биогенез, психогенез, ноогенез как последовательные стадии эволюции природы. Конечная точка становления ноосферы.

Интерпретация Вернадским концепции ноосферы как сферы взаимодействия человека с природой.

Существует ли ноосфера сейчас? Почему ее нет и что необходимо, чтобы она возникла?

Значение учения о ноосфере для развития экологических исследований и решения проблемы гармонизации взаимодействия человека со средой его обитания.

31. Значение естествознания для гуманитарной культуры.

Две культуры по Ч. Сноу. Их сходство и различия.

Что дает естествознание для гуманитарной культуры в содержательном и методологическом плане?

Значение синергетики. Универсальная схема развития Пригожина. Ее возможные пути применения в гуманитарных исследованиях. Примеры из психологии и общественных наук.

Характеристика двух стадий развития: устойчивой и неустойчивой. Точка бифуркации.

Значение этологии. Обоснование К. Лоренцем нравственности на основе изучения животных. Проблема перенесения данных, полученных этологией, на человека.

Другие примеры важности естествознания для гуманитарной культуры. Мировоззренческое значение естествознания.

32. Будущее и идеал естествознания.

Предсказуемость развития науки. Какие научные открытия в ближайшее время могут быть совершены?

Кто такие сциентисты и чем их взгляды отличаются от антисциентистских? Ваше отношение к дилемме сциентизм—антисциентизм.

Наука как эволюционный процесс.

Идеал науки. Зачем он нужен?

Понятия целостности, интегративности, разнообразия, гармонии. Их соотношение. Почему наука должна обладать этими качествами?

Идеал науки как целостной интегративно-разнообразной гармоничной системы.

Наука как часть биосферы и человеческой культуры. Наука и ноосфера.

33. Личность и типы ученых.

Безличность науки и значение личности в науке.

Мотивы занятия научной деятельностью: удивление, творческий интерес, престиж и т.д.

Качества, необходимые ученому: честность перед самим собой, мужество, неудовлетворенность и т.д.

Типы ученых: «делатели», «думатели», «чувствователи» и т.п. (по Селье).

Роль Дж.Бруно в становлении и утверждении естествознания как главенствующей отрасли культуры.

Характеристика выдающихся ученых: Ньютона, Эйнштейна, Вернадского и др. Зависимость их вклада в науку от личностных свойств.

Тип идеального ученого и идеального ученика.

34. Этические проблемы науки.

Нравственная амбивалентность науки и важность этических проблем науки.

Роль внешних и внутренних факторов в развитии науки. Влияние военно-промышленного комплекса и государства.

Роль ценностей в науке. Этические ценности. Нравственные качества ученого.

Традиционные и новые этические проблемы науки.

Биоэтика, ее предмет и принципиальные отличия от биофизики и других переходных наук. Проблемы биоэтики.

Проблемы компьютерной, инженерной, глобальной, экологической этики.

Необходимость запретов на научные исследования в определенных направлениях. Решение этой проблемы в «Новой Атлантиде».

Отношение самих ученых к последствиям применения их открытий.

Реальная практика запретов на исследования в области генетики и ее результаты.

Нравственные кодексы ученых.

ХРЕСТОМАТИЯ

ВЫБОР ФАКТОВ[1]

Граф Толстой где-то объясняет, почему «наука для науки» в его глазах представляется идеей, лишенной смысла. Мы не можем знать всех фактов, ибо число их в действительности безгранично. Необходимо, следовательно, делать между ними выбор. Можем ли мы руководствоваться при производстве этого выбора исключительно капризами нашего любопытства? Не лучше ли руководствоваться полезностью, нашими нуждами, практическими и в особенности моральными? Разве нет у нас лучшего дела, чем считать божьих коровок, живущих на нашей планете?

Ясно, что для него слово «польза» не имеет того значения, какое ему обычно приписывают деловые люди, а за ними и бóльшая часть наших современников. Он мало озабочен применением науки к промышленности, чудесами электричества или автомобильного спорта, на которые он смотрит скорее как на препятствие к моральному прогрессу; полезным является исключительно то, что делает человека лучшим.

Что касается меня, то нужно ли мне говорить, что я не мог бы удовлетвориться ни тем, ни другим идеалом? Я не желал бы ни этой плутократии, жадной и ограниченной, ни этой демократии, добродетельной и посредственной, всегда готовой подставить левую щеку; демократии, среди которой жили бы мудрецы, лишенные любознательности, люди, которые, избегая всякого излишества, не умирали бы от болезни, но наверняка погибали бы от скуки. Впрочем, все это дело вкуса, и не об этом, собственно, я хотел говорить.

[1] *Пуанкаре А.* О науке. — М., 1983. — С. 288–294.

Вопрос, поставленный выше, тем не менее остается в силе, и на нем мы и должны сосредоточить свое внимание. Если наш выбор может определяться только капризом или непосредственной пользой, то не может существовать наука для науки, но не может, вследствие этого, существовать и наука вообще. Так ли это? Что выбор сделать необходимо, этого нельзя оспаривать; какова бы ни была наша деятельность, факты идут быстрее нас, и мы не можем за ними угнаться; в то время как ученый открывает один факт, в каждом кубическом миллиметре его тела их происходит миллиарды миллиардов. Желать, чтобы наука охватывала природу, значило бы заставить целое войти в состав свой части.

Но ученые все-таки полагают, что есть известная иерархия фактов и что между ними может быть сделан разумный выбор; и они правы, ибо иначе не было бы науки, а наука все-таки существует. Достаточно только открыть глаза, чтобы убедиться, что завоевания промышленности, обогатившие стольких практических людей, никогда не увидели бы света, если бы существовали только люди практики, если бы последних не опережали безумные бессеребреники, умирающие нищими, никогда не думающие о своей пользе и руководимые все же не своим капризом, а чем-то другим.

Эти именно безумцы, как выразился Мах, сэкономили своим последователям труд мысли. Те, которые работали бы исключительно в целях непосредственного приложения, не оставили бы ничего за собой; стоя перед новой нуждой, нужно было бы заново все начинать сначала. Но бóльшая часть людей не любит думать, и, может быть, это и к лучшему, ибо ими руководит инстинкт, и руководит он ими обыкновенно лучше, чем интеллектуальные соображения, по крайней мере во всех тех случаях, когда люди имеют в виду одну и ту же непосредственную цель. Но инстинкт — это рутина, и если бы его не оплодотворяла мысль, то он и в человеке не прогрессировал бы больше, чем в пчеле или в муравье. Необходимо, следовательно, чтобы кто-нибудь думал за тех, кто не любит думать; а так как последних чрезвычайно много, то необходимо, чтобы каждая из наших мыслей приносила пользу столь часто, сколь это возможно, и именно поэтому всякий закон будет тем более ценным, чем более он будет общим.

Это нам показывает, как мы должны производить выбор. Наиболее интересными являются те факты, которые могут служить свою службу многократно, которые могут повторяться. Мы имели счастье родиться в таком мире, где такие факты существуют. Представьте себе, что существовало бы не 60 химических элементов, а

между ними не было бы обыкновенных и редких, а что все были бы распространены равномерно. В таком случае всякий раз, как нам случилось бы подобрать на земле булыжник, была бы большая вероятность, что он состоит из новых, нам неизвестных, элементов. Все то, что мы знали бы о других камнях, могло бы быть совершенно неприменимо к нему. Перед каждым новым предметом мы стояли бы, как новорожденный младенец; как и последний, мы могли бы подчиняться только нашим капризам и нашим нуждам. В таком мире не было бы науки; быть может, мысль и сама жизнь в нем были бы невозможны, ибо эволюция не могла бы развивать инстинктов сохранения рода. Слава богу, дело обстоит не так! Как всякое счастье, к которому мы приспособились, мы не оцениваем и этого во всем его значении. Биолог был бы совершенно подавлен, если бы существовали только индивидуумы и не было бы видов, если бы наследственность не воспроизводила детей, похожих на их отцов.

Каковы же те факты, которые имеют шансы на возобновление? Таковыми являются, прежде всего, факты простые. Совершенно ясно, что в сложном факте тысячи обстоятельств соединены случаем, и лишь случай, еще гораздо менее вероятный, мог бы их объединить снова в той же комбинации. Но существуют ли простые факты? А если таковые существуют, то как их распознать? Кто удостоверит нам, что факт, который мы считаем простым, не окажется ужасно сложным? На это мы можем только ответить, что мы должны предпочитать те факты, которые нам *представляются* простыми, всем тем, в которых наш грубый глаз различает несходные составные части; и тогда одно из двух: либо эта простота действительная, либо же элементы так тесно между собою соединены, что мы не в состоянии их отличать один от другого. В первом случае мы имеем шансы встретить снова тот же самый простой факт либо непосредственно во всей его чистоте, либо как составную часть некоторого сложного комплекса. Во втором случае эта однородная смесь имеет больше шансов на новое воспроизведение, чем совершенно разнородный агрегат. Случай может образовать смесь, но он не может ее разделить, и чтобы из разнообразных элементов соорудить упорядоченное сооружение, в котором можно было бы нечто различать, нужно его строить сознательно. Поэтому есть очень мало шансов, чтобы агрегат, в котором мы нечто различаем, когда-либо повторился. Напротив, есть много шансов, чтобы смесь, представляющаяся на первый взгляд однородной, возобновлялась многократно. Факты, которые представляются простыми, даже в

том случае, когда они не являются таковыми в действительности, все же легче возобновляются случаем.

Вот что оправдывает метод, инстинктивно усвоенный ученым, и, быть может, еще больше его оправдывает то обстоятельство, что факты, которые мы чаще всего встречаем, представляются нам простыми именно потому, что мы к ним привыкли.

Но где же они — эти простые факты? Ученые искали их в двух крайних областях: в области бесконечно большого и в области бесконечно малого. Их нашел астроном, ибо расстояния между светилами громадны, настолько громадны, что каждое из светил представляется только точкой; настолько громадны, что качественные различия сглаживаются, ибо точка проще, чем тело, которое имеет форму и качество. Напротив, физик искал элементарное явление, мысленно разделяя тело на бесконечно малые кубики, ибо условия задачи, которые испытывают медленные непрерывные изменения, когда мы переходим от одной точки тела к другой, могут рассматриваться как постоянные в пределах каждого из этих кубиков. Точно так же и биолог инстинктивно пришел к тому, что он смотрит на клетку как на нечто более интересное, чем целое животное, и этот взгляд в дальнейшем действительно подтвердился, ибо клетки, принадлежащие к самым различным организмам, оказываются гораздо более схожими для того, кто умеет это сходство усматривать, чем самые эти организмы. Социолог находится в более затруднительном положении: люди, которые для него служат элементами, слишком различны между собой, слишком изменчивы, слишком капризны, словом, слишком сложны; и история не повторяется. Как же здесь выбрать интересный факт, т.е. тот, который возобновляется? Метод — это, собственно, и есть выбор фактов; и прежде всего, следовательно, нужно озаботиться изобретением метода; и этих методов придумали много, ибо ни один из них не направляется сам собой. Каждая диссертация в социологии предлагает новый метод, который, впрочем, каждый новый доктор опасается применять, так что социология есть наука, наиболее богатая методами и наиболее бедная результатами.

Итак, начинать нужно с фактов, систематически повторяющихся; но коль скоро правило установлено и установлено настолько прочно, что никакого сомнения не вызывает, то те факты, которые вполне с ним согласуются, не представляют уже для нас никакого интереса, так как они уже не учат ничему новому. Таким образом, интерес представляет лишь исключение. Мы вынуждены прекратить изучение сходства, чтобы сосредоточить свое вни-

мание прежде всего на возможных здесь различиях, а из числа последних нужно выбрать прежде всего наиболее резкие, и притом не только потому, что они более всего бросаются в глаза, но и потому, что они более поучительны. Простой пример лучше пояснит мою мысль. Положим, что мы желаем определить кривую по нескольким наблюдаемым ее точкам. Практик, который был бы заинтересован только непосредственными приложениями, наблюдал бы исключительно такие точки, которые были бы ему нужны для той или иной специальной цели; но такого рода точки были бы плохо распределены на кривой; они были бы скоплены в одних областях, были бы разрежены в других, так что соединить их непрерывной линией было бы невозможно, нельзя было бы воспользоваться ими для каких-либо иных приложений. Совершенно иначе поступил бы ученый. Так как он желает изучить кривую саму по себе, то он правильно распределит точки, подлежащие наблюдению, и, как только он их будет знать, он соединит их непрерывной линией и тогда будет иметь в своем распоряжении кривую целиком. Но что же он для этого сделает? Если он первоначально определил крайнюю точку кривой, то он не будет оставаться все время вблизи этой точки, а, напротив, он перейдет прежде всего к другой крайней точке. После двух конечных точек наиболее интересной будет середина между ними и т.д.

Итак, если установлено какое-нибудь правило, то прежде всего мы должны исследовать те случаи, в которых это правило имеет больше всего шансов оказаться неверным. Этим, между прочим, объясняется интерес, который вызывают факты астрономические, а также факты, которые относятся к прошлому геологических эпох. Уходя далеко в пространстве и во времени, мы можем ожидать, что наши обычные правила там совершенно рушатся. И именно это великое разрушение часто может помочь нам лучше усмотреть и лучше понять те небольшие изменения, которые могут происходить вблизи нас, в том небольшом уголке Вселенной, в котором мы призваны жить и действовать. Мы познаем лучше этот уголок, если побываем в отдаленных странах, в которых нам, собственно, нечего делать.

Однако мы должны сосредоточить свое внимание главным образом не столько на сходствах и различиях, сколько на тех аналогиях, которые часто скрываются в кажущихся различиях. Отдельные правила кажутся вначале совершенно расходящимися, но, присматриваясь к ним поближе, мы обыкновенно убеждаемся, что они имеют сходство. Различные по материалу, они имеют сход-

ство в форме и в порядке частей. Таким образом, когда мы взглянем на них как бы со стороны, мы увидим, как они разрастаются на наших глазах, стремясь охватить все. Это именно и составляет ценность многих фактов, которые, заполняя собой одни комплексы, оказываются в то же время верными изображениями других известных нам комплексов.

Я не могу останавливаться на этом более, но, я полагаю, из сказанного достаточно ясно, что ученый не случайно выбирает факты, которые он должен наблюдать. Он не считает божьих коровок, как говорил граф Толстой, ибо число этих насекомых, как бы они ни были интересны, подвержено чрезвычайно капризным колебаниям. Он старается сконцентрировать много опытов, много мыслей в небольшом объеме, и поэтому-то небольшая книга по физике содержит так много опытов, уже произведенных, и в тысячу раз больше других возможных опытов, результаты которых мы знаем наперед.

Но мы рассмотрели пока только одну сторону дела. Ученый изучает природу не потому, что это полезно; он исследует ее потому, что это доставляет ему наслаждение, а это дает ему наслаждение потому, что природа прекрасна. Если бы природа не была прекрасной, она не стоила бы того, чтобы быть познанной; жизнь не стоила бы того, чтобы быть прожитой. Я здесь говорю, конечно, не о той красоте, которая бросается в глаза, не о красоте качества и видимых свойств; и притом не потому, что я такой красоты не признаю, отнюдь нет, а потому, что она не имеет ничего общего с наукой. Я имею в виду ту более глубокую красоту, которая кроется в гармонии частей и которая постигается только чистым разумом. Это она создает почву, создает, так сказать, остов для игры видимых красот, ласкающих наши чувства, и без этой поддержки красота мимолетных впечатлений была бы весьма несовершенной, как все неотчетливое и преходящее. Напротив, красота интеллектуальная дает удовлетворение сама по себе, и, быть может, больше ради нее, чем ради будущего блага рода человеческого, ученый обрекает себя на долгие и тяжкие труды.

Так вот именно эта особая красота, чувство гармонии мира, руководит нами в выборе тех фактов, которые наиболее способны усиливать эту гармонию, подобно тому, как артист разыскивает в чертах своего героя наиболее важные, которые сообщают ему о его характере и жизни; и нечего опасаться, что это бессознательное, инстинктивно предвзятое отношение отвлечет ученого от поисков истины. Можно мечтать о мире, полном гармонии, но как далеко

его все же оставит за собой действительный мир! Наиболее великие художники, которые когда-либо существовали,— греки— создавали свое небо; но как оно убого по сравнению с нашим действительным небом.

И это потому, что прекрасна простота, прекрасна грандиозность; потому, что мы предпочтительнее ищем простые и грандиозные факты, потому, что нам доставляет наслаждение то уноситься в гигантскую область движения светил, то проникать при помощи микроскопов в таинственную область неизмеримо малого, которое все же представляет собой нечто величественное, то углубляться в геологические эпохи, изыскивая следы прошлого, которое именно потому нас и привлекает, что оно очень отдалено.

Мы видим, таким образом, что поиски прекрасного приводят нас к тому же выбору, что и поиски полезного; и совершенно таким же образом экономия мысли и экономия труда, к которым, по мнению Маха, сводятся все стремления науки, является источниками как красоты, так и практической пользы. Мы больше всего удивляемся тем зданиям, в которых архитектор сумел соразмерить средства с целью, в которых колонны как бы без усилий свободно несут возложенную на них тяжесть, как грациозные кариатиды Эрехтейона[1].

В чем же заключается причина этого совпадения? Обусловливается ли это просто тем, что именно те вещи, которые кажутся нам прекрасными, наиболее соответствуют нашему разуму и потому являются в то же самое время орудием, которым разум лучше всего владеет? Или может быть, это игра эволюции или естественного отбора? Разве народы, идеалы которых наиболее соответствовали их правильно понятым интересам, вытеснили другие народы и заняли их место? Как одни, так и другие преследовали свои идеалы, не отдавая себе отчета о последствиях; но в то время как эти поиски приводили одних к гибели, они давали другим владычество. Можно думать и так: если греки восторжествовали над варварами и если Европа, наследница греческой мысли, властвует над миром, то это потому, что дикие любили яркие цвета и шумные звуки барабана, которые занимали только их чувства, между тем как греки любили красоту интеллектуальную, которая скрывается за красотой чувственной, которая именно и делает разум уверенным и твердым.

[1] Эрехтейон — древнегреческий храм в Афинах, архитектура которого отличается изяществом и тонкой красотой. — *Прим. ред.*

Несомненно, такого рода триумф вызвал бы ужас у Толстого, который ни за что не признал бы, что он может быть действительно полезным. Но это бескорыстное искание истины ради ее собственной красоты несет в себе здоровое семя и может сделать человека лучше. Я знаю, что здесь есть исключения, что мыслитель не всегда почерпнет в этих поисках чистоту души, которую он должен был бы найти, что есть ученые, имеющие весьма дурной характер.

Но следует ли из этого, что нужно отказаться от науки и изучать только мораль? И разве моралисты, когда они сходят со своей кафедры, остаются на недосягаемой высоте?

ПОЛЕ И ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ[1]

ВРЕМЯ, ПРОСТРАНСТВО, ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ

Наши новые положения суть:

1. *Скорость света в вакууме одинакова во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга.*

2. *Законы природы одинаковы во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга.*

Теория относительности начинается с этих двух положений. С этого времени мы не будем применять классического преобразования, так как знаем, что оно противоречит исходным положениям.

В данном случае, как и всегда в науке, важно отказаться от глубоко укоренившихся, часто некритически повторяемых предрассудков. Так как мы видели, что изменения обоих положений приводят к противоречию с экспериментом, то мы должны иметь смелость твердо установить их справедливость и напасть на один возможно слабый пункт, а именно на способ, которым координаты и скорости преобразуются от одной системы координат к другой. Мы хотим сделать выводы из этих двух положений, посмотреть, где и как эти положения противоречат классическому преобразованию, и найти физический смысл полученных результатов.

Можно еще раз использовать пример с движущейся комнатой и наблюдателями внутри и вне ее. Пусть световой сигнал опять излучается из центра комнаты, и вновь мы спрашиваем обоих людей, что́ они обнаружат, допустив только два вышеуказанных принципа и забыв то, что было предварительно сказано о среде, сквозь которую проходит свет. Приведем их ответ:

Внутренний наблюдатель. Световой сигнал, идущий от центра комнаты, достигнет стен *одновременно*, так как все стены одинаково отстоят от источника света, а скорость света одинакова во всех направлениях.

[1] *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики: Развитие идей от первоначальных понятий до теории относительности и квантов. — М., 1965. — С. 147–203.

Внешний наблюдатель. В моей системе координат скорость света совершенно такая же, как и в системе наблюдателя, движущегося вместе с комнатой. Мне нет дела до того, движется ли источник света в моей системе или нет, так как его движение не влияет на скорость света. То, что я вижу, это — световой сигнал, идущий с постоянной скоростью, одинаковой во всех направлениях. Одна из стен стремится убежать от светового сигнала, а другая — приблизиться к нему. Поэтому убегающая стена будет достигнута световым сигналом немного позднее, чем приближающаяся. Хотя эта разность времен прибытия светового сигнала будет очень незначительной, если скорость комнаты мала сравнительно со скоростью света, тем не менее световой сигнал не достигает обеих противоположных стен, расположенных перпендикулярно к направлению движения, совершенно одновременно.

Сравнивая предсказания обоих наблюдателей, мы обнаруживаем крайне изумительный результат, который явно противоречит несомненно хорошо обоснованным понятиям классической физики. Оба события — достижение стен двумя световыми лучами — одновременны для наблюдателя внутри и неодновременны для наблюдателя вне комнаты. В классической физике у нас были одни часы, одно течение времени для всех наблюдателей во всех системах. Время, а стало быть, и такие слова, как «одновременно», «ранее», «позднее», имели абсолютное значение, не зависимое от какой-либо системы. Два события, происходящие в одно и то же время в одной системе координат, необходимо происходили одновременно во всех системах координат.

Положения, указанные выше, т.е. теория относительности, вынуждают нас отказаться от этого взгляда. Мы описали два события, которые происходят одновременно в одной системе координат, но в разное время в другой системе. Наша задача — понять это следствие, понять смысл предложения: «Два события, одновременные в одной системе координат, не могут быть одновременны в другой системе».

Что мы обозначаем словами: «два одновременных события в одной системе координат»? Интуитивно каждый человек считает, что он понимает смысл этого предложения. Но будем осторожными и постараемся дать строгие определения, так как мы знаем, как опасно переоценивать интуицию. Ответим сначала на простой вопрос.

Что такое часы?

Примитивное субъективное чувство течения времени позволяет нам упорядочить наши впечатления, судить о том, что одно событие происходит раньше, другое позднее. Но чтобы показать, что промежуток времени между двумя событиями равен десяти секундам, нужны часы. Благодаря применению часов понятие времени становится объективным. В качестве часов может быть использовано любое физическое явление, если только оно может быть повторено столько раз, сколько необходимо. Если мы возьмем интервал между началом и концом такого события за единицу времени, то любые интервалы времени мы можем измерить повторением этого физического процесса. Все часы, от простых песочных до наиболее совершенных, основаны на этой идее. При пользовании песочными часами единицей времени будет являться интервал, в течение которого песок высыпается из верхнего стаканчика в нижний. Тот же физический процесс может быть повторен перевертыванием стакана.

Пусть в двух отдаленных друг от друга точках пространства находится двое идеально идущих часов, точно показывающих одинаковое время. Это положение будет справедливым, несмотря на ту осторожность, с которой мы его проверяем. Но что это в действительности означает? Как можем мы удостовериться, что отдаленные друг от друга часы всегда показывают одинаковое время? Можно использовать один из возможных методов— телевидение. Легко понять, что телевидение берется как пример, само по себе оно не существенно для наших доводов. Я мог бы стоять около одних часов и смотреть на изображение других часов на экране телевизора. Тогда я мог бы судить, показывают ли часы одновременно одинаковое время или нет. Но это не было бы хорошим доказательством. Изображение в телевизоре передается электромагнитными волнами, следовательно, распространяется со скоростью света. На экране телевизора я вижу изображение, посланное некоторое очень короткое время тому назад, в то время как на часах, стоящих возле меня, я вижу то, что имеет место в настоящий момент. Эту трудность можно легко преодолеть. Для этого нужно рассмотреть изображения обоих часов в точке, одинаково отстоящей от каждых из них, т.е. рассмотреть их в точке, лежащей на середине расстояния между часами. Тогда, если сигналы посланы одновременно, они достигнут меня в один и тот же момент. Если двое хороших часов, наблюдаемых в точке, находящейся посредине между ними, показывают одинаковое время, то они вполне подходят для указания времени событий в двух отдаленных точках.

В механике мы употребляли только одни часы. Но это было не очень удобно, потому что мы должны были производить все измерения вблизи этих часов. Смотря на удаленные от нас часы, например, с помощью телевизора, мы всегда должны помнить следующее: то, что мы видим теперь, в действительности произошло раньше, подобно тому, как, рассматривая заход Солнца, мы отмечаем это событие спустя восемь минут после того, как оно имело место. Во все показания часов мы должны вносить поправки, соответствующие нашему расстоянию от часов.

Поэтому неудобно иметь только одни часы. Однако теперь, поскольку мы знаем, как проверить, показывают ли двое, или вообще несколько часов одновременно одно и то же время, и идя тем же самым путем, мы легко можем вообразить себе в данной системе координат столько часов, сколько нам хочется.

Каждые из них помогут нам определить время событий, происходящих в непосредственном соседстве с ними. Все часы находятся в покое относительно системы координат. Они являются «хорошими» часами; они *синхронизированы*, что означает, что часы одновременно показывают одинаковое время.

В нашей расстановке часов нет ничего удивительного или странного. Вместо одних-единственных часов мы применяем теперь много синхронизированных часов и поэтому можем легко проверить, одновременны ли два отдаленных события в данной системе координат или нет. Они одновременны, если синхронизированные часы вблизи них показывают одинаковое время в момент, когда происходят события. Теперь утверждение, что одно отдаленное событие происходит раньше другого, имеет определенный смысл. Его можно проверить с помощью синхронизированных часов, покоящихся в нашей системе координат.

Все это находится в согласии с классической физикой и не вызывает еще противоречий с классическим преобразованием.

Для определения одновременности событий часы синхронизируются с помощью сигналов. В наших рассуждениях существенно то, что сигналы передаются со скоростью света, со скоростью, которая играет такую фундаментальную роль в теории относительности.

Так как мы хотим заняться важной проблемой о двух системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно относительно друг друга, то мы должны рассмотреть два стержня, снабженных часами. В каждой из обеих систем, движущихся друг относительно друга, наблюдатель имеет теперь свой собственный масштаб со своим собственным набором часов, жестко связанным с масштабом.

При измерениях в классической механике мы употребляли одни часы во всех системах координат. Теперь мы имеем много часов в каждой системе координат. Это различие несущественно. Одни часы были достаточны, но никто не может возражать против употребления многих часов, пока они ведут себя как хорошо синхронизированные часы.

Теперь мы приближаемся к существенному пункту, показывающему, где классическое преобразование противоречит теории относительности. Что́ происходит, когда двое часов движутся прямолинейно и равномерно друг относительно друга? Физик, держащийся классических взглядов, ответил бы: ничего; их ритм остается одинаковым, и мы можем употреблять для показания времени движущиеся часы так же, как и покоящиеся. Таким образом, согласно классической физике два события, одновременные в одной системе координат, будут одновременными в любой другой системе.

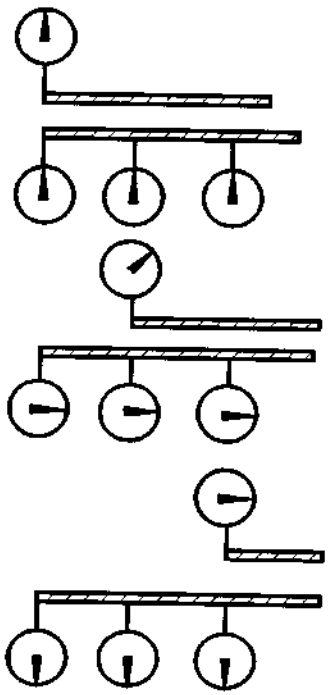


Рис.56

Но это не единственный возможный ответ. Мы можем столь же легко представить себе движущиеся часы, имеющие ритм, отличный от ритма покоящихся часов. Обсудим теперь эту возможность, не решая пока вопроса о том, изменяют ли на самом деле часы свой ритм при движении или нет. Что́ означает утверждение, что движущиеся часы изменяют свой ритм? Предположим ради простоты, что в верхней системе координат у нас только одни часы, а в нижней — много. У всех часов одинаковый механизм и нижние часы синхронизированы, т.е. они показывают одновременно одинаковое время. Мы показали (рис. 56)[1] три последовательных положения обеих систем, движущихся друг относительно друга. На первом рисунке положения стрелок верхних и нижних часов ради удобства взяты одинаковыми; так мы их поставили сами. Все часы показывают одинаковое время. На втором рисунке

[1] Сохранена нумерация рисунков в оригинале. — *Прим. ред.*

мы видим относительные положения обеих систем спустя некоторое время. Все часы в нижней системе показывают одинаковое время, но часы в верхней системе вышли из общего ритма. Их ритм изменился, и время отличается вследствие того, что часы движутся относительно нижней системы. На третьем рисунке мы видим, что различие в положении стрелок со временем увеличилось. Наблюдатель, покоящийся в нижней системе координат, нашел бы, что движущиеся часы изменили свой ритм. Конечно, тот же результат получился бы, если бы часы двигались по отношению к наблюдателю, покоящемуся в верхней системе координат; в этом случае в верхней системе должно было бы быть много часов, а в нижней только одни. Закон природы должен быть одинаков в обеих системах, движущихся друг относительно друга.

В классической механике молчаливо предполагалось, что движущиеся часы не изменяют своего ритма. Это казалось столь очевидным, что едва ли было достойно упоминания. Но ничто не должно считаться слишком очевидным; если мы действительно желаем быть осторожными, мы должны подвергать анализу все положения, принимаемые в физике.

Нельзя считать какое-либо положение бессмысленным только потому, что оно отличается от положения классической физики. Мы можем легко представить себе, что движущиеся часы изменяют свой ритм, если закон этого изменения одинаков для всех инерциальных систем.

Еще один пример. Возьмем метровый стержень; это значит, что длина стержня — один метр, пока он находится в покоящейся системе координат. Пусть он движется прямолинейно и равномерно, скользя вдоль масштаба, представляющего систему координат. Будет ли его длина и в этом случае равна одному метру? Мы должны знать заранее, как определить его длину. Пока стержень был в покое, его концы совпадали с нанесенными на масштабе отметками, расстояние между которыми равнялось одному метру. Из этого мы заключили: длина покоящегося стержня равна одному метру. Как мы измеряем длину этого стержня во время движения? Это можно было бы сделать следующим образом. В данный момент два наблюдателя делают одновременно моментальные фотоснимки начала движущегося стержня и его конца. Поскольку снимки берутся одновременные, мы можем сравнить, с какими отметками масштаба совпадают начало и конец движущегося стержня. Таким путем мы определим его длину. Нужно, чтобы два наблюдателя отметили одновременные события, происходящие в различ-

ных частях данной системы. Нет никаких оснований считать, что результат таких измерений будет таким же, как и в случае, когда отрезок покоится. Поскольку фотографии должны быть сделаны одновременно, а одновременность, как мы знаем, является относительным понятием, зависящим от системы координат, то кажется вполне возможным, что результаты этих измерений будут различными в различных системах, движущихся друг относительно друга.

Мы легко можем представить себе, что не только движущиеся часы изменяют свой ритм, но и движущийся стержень тоже изменяет свою длину, если законы изменений одинаковы для всех инерциальных систем координат.

Мы лишь обсуждали некоторые новые возможности, не приводя каких-либо оправданий в пользу их принятия.

Мы помним: скорость света одинакова во всех инерциальных системах координат. Этот факт несовместим с классическим преобразованием. Круг должен быть где-то разорван. Нельзя ли это сделать как раз здесь? Не можем ли мы предположить, что имеют место такие изменения в ритме движущихся часов и в длине движущегося стержня, что постоянство скорости света будет следовать непосредственно из этих предположений? В самом деле, можем! Здесь впервые теория относительности и классическая физика радикально расходятся. Наш довод может быть сформулирован иначе: если скорость света одинакова во всех системах, то движущиеся стержни должны изменять свою длину, движущиеся часы должны изменять свой ритм, а законы, управляющие этими изменениями, являются строго определенными.

Во всем этом нет ничего таинственного или неразумного. В классической физике всегда предполагалось, что часы и в движении, и в покое имеют одинаковый ритм, что масштабы и в движении, и в покое имеют одинаковую длину. Если скорость света одинакова во всех системах координат, то мы должны пожертвовать этим положением. Трудно отделаться от глубоко укоренившихся предрассудков, но другого пути нет. С точки зрения теории относительности старые понятия кажутся произвольными. Почему надо верить, как это мы делали раньше, в абсолютное время, текущее одинаково для всех наблюдателей во всех системах? Почему надо верить в неизменяемое расстояние? Время определяется часами, пространственные координаты — масштабами, и результат этих определений может зависеть от поведения этих часов и масштабов, когда они находятся в движении. Нет оснований считать, что они будут вести себя так, как

нам этого хотелось бы. Косвенное наблюдение, а именно, наблюдение явлений электромагнитного поля показывает, что движущиеся часы изменяют свой ритм, а масштаб — длину, в то время как, основываясь на механических явлениях, мы не думали, чтобы это имело место. Мы должны принять понятие относительного времени в каждой системе координат, ибо это наилучший выход из трудностей. Дальнейший научный успех, достигнутый теорией относительности, показывает, что новый взгляд не должен рассматриваться как печальная необходимость, ибо успехи теории относительности оказались весьма значительными.

До сих пор мы старались показать, что́ привело к основным положениям теории относительности и как теория относительности вынуждала нас пересматривать и изменять классическое преобразование, по-новому трактуя понятия времени и пространства. Наша цель — указать идеи, образующие основу новых физических и философских взглядов. Эти идеи просты; но в той форме, в которой они здесь сформулированы, они недостаточны для того, чтобы получить выводы не только качественные, но и количественные. Мы опять должны применить наш старый метод объяснения только принципиальных идей и формулировки некоторых выводов без доказательства.

Чтобы сделать ясным различие между взглядом старого физика (назовем его С), верящего в классическое преобразование, и взглядом нового физика (назовем его Н), признающего теорию относительности, вообразим между ними следующий диалог.

С. Я верю в принцип относительности Галилея в механике, ибо я знаю, что законы механики одинаковы в двух системах, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга, или, другими словами, что эти законы инвариантны относительно классического преобразования.

Н. Но принцип относительности следует применять ко всем событиям внешнего мира. Не только законы механики, но и все законы природы должны быть одинаковы в системах, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга.

С. Но как все законы природы могут оказаться одинаковыми в системах, движущихся друг относительно друга? Ведь уравнения поля, т.е. уравнения Максвелла, неинвариантны относительно классического преобразования. Это ясно обнаруживается на примере скорости света. Согласно классическому преобразованию эта скорость не была бы одинаковой в двух системах, движущихся друг относительно друга.

Н. Это только показывает, что классическое преобразование нельзя применять, что связь между двумя системами координат должна быть иной, и что мы не можем связывать координаты и скорости в разных системах координат так, как это сделано в этих законах преобразования. Мы должны заменить их новыми законами, выведя последние из основных положений теории относительности. Не будем заботиться о математическом выражении этих новых законов преобразования и удовлетворимся тем, что они отличны от классического. Мы назовем их кратко *преобразованиями Лоренца.* Можно показать, что уравнения Максвелла, т.е. законы поля, инвариантны по отношению к преобразованиям Лоренца, подобно тому, как законы механики инвариантны по отношению к классическим преобразованиям. Вспомним, как обстояло дело в классической физике. Мы имели законы преобразования для координат, законы преобразования для скоростей, но законы механики были одинаковы для обеих систем координат, движущихся прямолинейно и равномерно относительно друг друга. У нас были законы преобразования для пространства, но не для времени, потому что время было одинаково во всех системах координат. Однако, здесь, в теории относительности, оно различно. Здесь мы имеем законы преобразования пространства, времени и скоростей, отличающиеся от классических законов. Но законы природы опять должны быть одинаковы во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга. Законы природы должны быть инвариантны, но не по отношению к классическим преобразованиям, как прежде, а по отношению к новому типу преобразований — так называемым преобразованиям Лоренца. Во всех инерциальных системах справедливы те же самые законы, а переход от одной системы к другой дается преобразованиями Лоренца.

С. Я верю вам, но мне интересно было бы знать различие между преобразованиями классическими и преобразованиями Лоренца.

Н. Ответить на ваш вопрос лучше всего следующим образом. Сошлемся на некоторым характерные черты классических преобразований, и я постараюсь объяснить, сохраняются ли они в преобразованиях Лоренца, и если нет, то как они изменяются.

С. Если что-либо происходит в какой-то точке пространства в некоторый момент времени в моей системе координат, то наблюдатель, находящийся в другой системе координат, движущейся прямолинейно и равномерно относительно моей, отмечает другое число, определяющее положение места, где происходит событие, но, конечно, то же самое время. Мы употребляем одни и те же часы во всех системах, независимо от того, движутся ли они или нет. Это и с вашей точки зрения справедливо?

Н. О, нет. Каждая система координат должна быть снабжена собственными часами, покоящимися в ней, так как движение изменяет ритм часов. Два наблюдателя, находящиеся в различных системах координат, отмечают не только различные числа, определяющие положение, но и различные числа, определяющие время, в которое происходит это событие.

С. Это означает, что время не является больше инвариантом. В классических преобразованиях времея всегда одно и то же во всех системах. В преобразованиях Лоренца оно изменяется и ведет себя аналогично координате в старых преобразованиях. Интересно знать, как обстоит дело с длиной. Согласно классической механике твердый стержень сохраняет свою длину как в движении, так и в покое. Верно ли это теперь?

Н. Неверно. В самом деле, из преобразований Лоренца следует, что движущийся стержень сокращается в направлении движения, и сокращение тем больше, чем больше скорость. Чем быстрее движется стержень, тем короче он оказывается. Но такое сокращение происходит только в направлении движения. На рисунке 57 вы видите стержень, который сокращается до половины своей первоначальной длины, когда он движется со скоростью, приближающейся к 0,9 скорости света. Однако в направлении, перпендикулярном к движению, сокращения нет, что я и постарался проиллюстрировать на рисунке 58.

С. Это означает, что ритм движущихся часов и длина движущихся стержней зависит от скорости. Но каким образом?

Н. Изменение становится более заметным по мере возрастания скорости. Из преобразований Лоренца следует, что стержень сократится до нуля, если его скорость достигнет скорости света. Аналогично этому ритм движущихся часов замедляется сравнительно с часами, мимо которых они проходят вдоль стержня; часы совершенно остановились бы, если бы они могли двигаться со скоростью света.

С. Это кажется противоречащим всему нашему опыту. Мы знаем, что вагон не становится короче, когда он в движении, и мы знаем также, что машинист всегда может сравнить свои «хорошие» часы с часами, мимо которых он проезжает, находя, что они хорошо согласованы друг с другом, вопреки вашему утверждению.

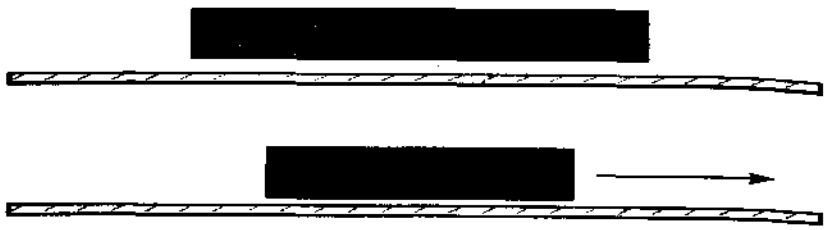


Рис.57

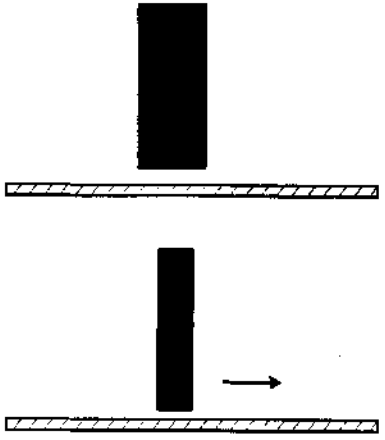


Рис.58

Н. Это, конечно, верно. Но все скорости в механике очень малы сравнительно со скоростью света, поэтому нелепо применять теорию относительности к этим явлениям. Каждый машинист может спокойно применять классическую физику, даже если он увеличит свою скорость в сотни тысяч раз. Мы могли бы ожидать несогласия между экспериментом и классическими преобразованиями только в случае скоростей, приближающихся к скорости света. Справедливость преобразований Лоренца может быть проверена лишь при очень больших скоростях.

С. Но имеется и другая трудность. Согласно механике я могу вообразить тела, обладающие скоростями, даже бóльшими, чем скорость света. Тело, движущееся со скоростью света относительно плывущего корабля, движется со скоростью, большей, чем скорость света, относительно берега. Что произойдет со стержнем, который сократится до нуля, когда его скорость сравнялась со скоростью света? Едва ли мы можем ожидать отрицательной длины, если скорость стержня больше скорости света.

Н. В действительности нет никакого основания для такой иронии! С точки зрения теории относительности материальные тела не могут иметь скорости, большей, чем скорость света. Скорость света образует верхний предел скоростей для всех материальных тел. Если скорость тела относительно корабля равна скорости света, то и относительно берега она тоже будет равна скорости света. Простой механический закон сложения и вычитания скоростей больше несправедлив или, более точно, справедлив лишь приближенно для малых скоростей, но не для скоростей, близких к скорости света. Число, выражающее скорость света, явно входит в преобразования Лоренца и играет роль предельного случая, подобно бесконечной скорости в классической механике. Эта более общая теория не противоречит классическим преобразованиям и классической механике. Наоборот, к старым понятиям мы возвращаемся, как к предельному случаю, когда скорости малы. С точки зрения новой теории ясно, в каких случаях справедлива классическая физика и где лежат ее пределы. Было бы нелепо применять теорию относительности к движению автомобилей, пароходов и поездов, как нелепо употреблять счетную машину там, где вполне достаточна таблица умножения.

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ И МЕХАНИКА

Теория относительности необходимо возникает из серьезных и глубоких противоречий в старой теории, из которых, казалось, не было выхода. Сила новой теории заключается в согласованности и простоте, с которой она разрешает все эти трудности, используя лишь немногие очень убедительные предположения.

Хотя теория возникла из проблемы поля, она должна охватить все физические законы. Трудность, по-видимому, появляется здесь. Законы поля, с одной стороны, и законы механики, с другой, имеют совершенно различный характер. Уравнения электромагнитного поля инвариантны по отношению к преобразованиям Лоренца, а уравнения механики инвариантны по отношению к классическим преобразованиям. Но теория относительности требует, чтобы все законы природы были инвариантны по отношению к лоренцовым, а не классическим преобразованиям. Последние являются лишь специальным, предельным случаем преобразований Лоренца, когда относительные скорости обеих систем координат

Если это так, то классическую механику следует изменить, чтобы согласовать ее с требованием инвариантности по отношению к преобразованиям Лоренца. Или, другими словами, классическая механика не может быть справедливой, если скорости приближаются к скорости света. Переход от одной системы координат к другой может осуществляться только единственным путем— через преобразования Лоренца.

Классическую механику нетрудно было изменить так, чтобы она не противоречила ни теории относительности, ни изобилию материала, полученного наблюдением и объясненного классической механикой. Старая механика справедлива для малых скоростей и образует предельный случай новой механики.

Интересно рассмотреть какой-либо пример изменения в классической механике, которое вносит теория относительности. Возможно, это приведет нас к некоторым выводам, которые могут быть подвержены или опровергнуты экспериментом.

Предположим, что тело, имеющее определенную массу, движется вдоль прямой и подвергается воздействию внешней силы, действующей в направлении движения. Сила, как мы знаем, пропорциональная изменению скорости. Или, чтобы сказать яснее: не имеет значения, увеличивает ли данное тело свою скорость за одну секунду со 100 до 101 метра в секунду, или от 100 километров до 100 километров и одного метра в секунду, или от 300 000 километров до 300 000 километров и одного метра в секунду. Сила, необходимая для сообщения данному телу какого-либо определенного изменения скорости, всегда одна и та же.

Верно ли это положение с точки зрения теории относительности? Никоим образом! Этот закон справедлив только для малых скоростей. Каков же, по теории относительности, закон для больших скоростей, приближающихся к скорости света? Если скорость велика, то необходима чрезвычайно большая сила, чтобы увеличить ее. Вовсе не одно и то же — увеличить ли на один метр в секунду скорость, равную примерно 100 метрам в секунду, или же скорость, приближающуюся к световой. Чем ближе скорость к скорости света, тем труднее ее увеличить. Когда скорость равна скорости света, то уже невозможно увеличить ее дальше. Таким образом, то новое, что вносит теория относительности, не является удивительным. Скорость света есть верхний предел для всех скоростей. Никакая конечная сила, как бы велика она ни была, не может вызвать увеличения скорости сверх этого предела. На место старого закона механики, связывающего силу и изменение скорости, по-

является более сложный закон. С нашей новой точки зрения классическая механика проста потому, что почти во всех наблюдениях мы имеем дело со скоростями, значительно меньшими, чем скорость света.

Покоящееся тело имеет определенную массу, так называемую *массу покоя*. Мы знаем из механики, что всякое тело сопротивляется изменению его движения; чем больше масса, тем сильнее сопротивление, и чем меньше масса, тем слабее сопротивление. Но в теории относительности мы имеем нечто большее. Тело сопротивляется изменению сильнее не только в случае, когда больше масса покоя, но и в случае, когда его скорость больше. Тела, скорости которых приближались бы к скорости света, оказывали бы очень сильное сопротивление внешним силам. В классической механике сопротивление данного тела есть всегда нечто неизменное, характеризуемое только его массой. В теории относительности оно зависит и от массы покоя, и от скорости. Сопротивление становится бесконечно большим по мере того, как скорость приближается к скорости света.

Только что указанные выводы позволяют нам подвергнуть теорию экспериментальной проверке. Оказывают ли снаряды, движущиеся со скоростями, близкими к скорости света, сопротивление действию внешней силы так, как это предсказывает теория? Так как положения теории относительности имеют в этом отношении количественный характер, то мы могли бы подтвердить или опровергнуть теорию, если бы мы обладали снарядами, движущимися со скоростями, близкими к скорости света.

На самом деле мы находим в природе снаряды, движущиеся с такими скоростями. Атомы радиоактивного вещества, например радия, действуют подобно батарее, которая стреляет снарядами, движущимися с огромными скоростями. Не входя в детали, мы можем указать только на один из самых важных взглядов современной физики и химии. Все вещество в мире построено из элементарных частиц, число разновидностей которых невелико. Подобно этому в одном городе здания различны по величине, конструкции и архитектуре, но на постройку всех их, от хижины до небоскреба, использованы кирпичи лишь очень немногих сортов, одинаковых во всех зданиях. Так, все известные химические элементы нашего материального мира — от легчайшего водорода до наиболее тяжелого урана — построены из одинакового рода кирпичей, т.е. одинакового рода элементарных частиц. Наиболее тяжелые элементы — наиболее сложные построения — неустойчивы, и они рас-

падаются или, как мы говорим, они радиоактивны. Некоторые кирпичи, т.е. элементарные частицы, из которых состоят радиоактивные атомы, выбрасываются иногда с очень большими скоростями, близкими к скорости света. Атом элемента, скажем, радия, согласно нашим современным взглядам, подтверждаемым многочисленными экспериментами, обладает сложной структурой, и радиоактивный распад является одним из тех явлений, в которых выявляется, что атом построен из более простых кирпичей — элементарных частиц.

С помощью очень остроумных и сложных экспериментов мы можем обнаружить, как частицы сопротивляются действию внешней силы. Эксперименты показывают, что сопротивление, оказываемое этими частицами, зависит от скорости и как раз так, как это предсказывается теорией относительности. Во многих других случаях, где можно было обнаружить зависимость сопротивления от скорости, было установлено полное согласие между теорией относительности и экспериментом. Мы еще раз видим существенные черты творческой работы в науке: предсказание определенных фактов теорией и подтверждение их экспериментом.

Этот результат приводит к дальнейшему важному обобщению. Покоящееся тело имеет массу, но не имеет кинетической энергии, т.е. энергии движения. Движущееся тело имеет и массу, и кинетическую энергию. Оно сопротивляется изменению скорости сильнее, чем покоящееся тело. Кажется, что как будто кинетическая энергия движущегося тела увеличивает его сопротивление. Если два тела имеют одинаковую массу покоя, то тело с большей кинетической энергией сопротивляется действию внешней силы сильнее.

Представим себе ящик, наполняемый шарами; пусть ящик и шары покоятся в нашей системе координат. Чтобы привести его в движение, чтобы увеличить его скорость, требуется некоторая сила. Но будет ли эта сила производить то же самое увеличение скорости за тот же промежуток времени, если шары в ящике будут быстро двигаться по всем направлениям, подобно молекулам в газе, со средними скоростями, близкими к скорости света? Теперь необходима будет большая сила, так как возросшая кинетическая энергия шаров усиливает сопротивление ящика. Энергия, во всяком случае кинетическая энергия, сопротивляется движению так же, как и весомая масса. Справедливо ли это и в отношении всех видов энергии?

Теория относительности, исходя из своих основных положений, дает ясный и убедительный ответ на этот вопрос, ответ опять-

таки количественного характера: всякая энергия сопротивляется изменению движения; всякая энергия ведет себя подобно веществу; кусок железа весит больше, когда он раскален докрасна, чем когда он холоден; излучение, испускаемое Солнцем и проходящее через пространство, содержит энергию и потому имеет массу; Солнце и все излучающие звезды теряют массу вследствие излучения. Это заключение, совершенно общее по своему характеру, является важным достижением теории относительности и соответствует всем фактам, которые привлекались для его проверки.

Классическая физика допускала две субстанции: вещество и энергию. Первое имело вес, а вторая была невесома. В классической физике мы имели два закона сохранения: один для вещества, другой для энергии. Мы уже ставили вопрос о том, сохраняет ли еще современная физика этот взгляд на две субстанции и два закона сохранения. Ответ таков: нет. Согласно теории относительности нет существенного различия между массой и энергией. Энергия имеет массу, а масса представляет собой энергию. Вместо двух законов сохранения мы имеем только один: закон сохранения массы — энергии. Этот новый взгляд оказался очень плодотворным в дальнейшем развитии физики.

Как это случилось, что тот факт, что энергия обладает массой, а масса представляет собой энергию, столь долго оставался неизвестным? Весит ли кусок нагретого железа больше, чем кусок холодного? Теперь мы отвечаем «да», а раньше (см. стр. 38) отвечали «нет»[1]. Страницы, лежащие между этими двумя ответами, разумеется, не могут скрыть этого противоречия.

Трудности, стоящие здесь перед нами, того же порядка, какие встречались нам и прежде. Изменение массы, предсказанное теорией относительности, неизмеримо мало, его нельзя обнаружить прямым взвешиванием даже с помощью очень чувствительных весов. Доказательство того, что энергия не невесома, можно получить многими очень убедительными, но косвенными путями.

Причина этого недостатка непосредственной очевидности состоит в очень малой величине взаимообмена между веществом и энергией. Энергия по отношению к массе подобна обесцененной валюте, взятой по отношению к валюте высокой ценности. Один пример сделает это ясным. Количество теплоты, способное превратить тридцать тысяч тонн воды в пар, весило бы около одного грамма. Энергия столь долго считалась невесомой просто потому, что масса, которую она представляет, слишком мала.

[1] Указанная в тексте страница — страница оригинала. — *Прим. ред.*

Старая энергия-субстанция есть вторая жертва теории относительности. Первой была среда, в которой распространялись световые волны.

Влияние теории относительности выходит далеко за пределы тех проблем, из которых она возникла. Она снимает трудности и противоречия теории поля; она формулирует более общие механические законы; она заменяет два закона сохранения одним; она изменяет наше классическое понятие абсолютного времени. Ее ценность не ограничивается лишь сферой физики; она образует общий остов, охватывающий все явления природы.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННО́Й КОНТИНУУМ

«Французская революция началась в Париже 14-го июля 1789 года». В этом предложении установлены место и время события. Тому, кто слышит это утверждение впервые и кто не знает, что значит «Париж», можно было бы сказать: это — город на нашей земле, расположенный на 2° восточной долготы и 49° северной широты. Два числа характеризовали бы тогда место, а «14 июля 1789 года» — время, в которое произошло событие. В физике точная характеристика, когда и где произошло событие, чрезвычайно важна, гораздо важнее, чем в истории, так как эти числа образуют основу количественного описания.

Ради простоты мы рассматривали прежде только движение вдоль прямой. Нашей координатной системой был твердый стержень с началом, но без конца. Сохраним это ограничение. Отметим на стержне различные точки; положение каждой из них может быть охарактеризовано только одним числом — координатной точки. Сказать, что координата точки равна 7,586 метра, означает, что ее расстояние от начала стержня равно 7,586 метра. Наоборот, если кто-то задает мне любое число и единицу измерения, я всегда могу найти точку на стержне, соответствующую этому числу. Мы видим, что каждому числу соответствует определенная точка на стержне, а каждой точке соответствует определенное число. Этот факт выражается математиками в следующем предложении: *все точки стержня образуют одномерный континуум*. Тогда существует точка, сколь угодно близкая к данной точке стержня. Мы можем связать две отдаленные точки на стержне рядом отрезков, расположенных один за другим, каждый из которых сколь угодно мал. Таким образом, тот факт, что отрезки, связывающие отдаленные точки, произвольно малы, является характеристикой континуума.

Возьмем другой пример. Пусть мы имеем плоскость или, если вы предпочитаете что-либо более конкретное, поверхность прямоугольного стола (рис. 59). Положение точки на этом столе можно охарактеризовать двумя числами, а не одним, как раньше. Два числа суть расстояния от двух перпендикулярных краев стола. Не одно число, а пара чисел соответствует каждой точке плоскости; каждой паре чисел соответствует определенная точка. Другими словами: *плоскость есть двухмерный континуум*. Тогда существуют точки, сколь угодно близкие к данной точке плоскости. Две отдаленные точки могут быть связаны кривой, разделенной на отрезки, сколь угодно малые. Таким образом, произвольная малость отрезков, последовательно укладывающихся на кривой, связывающей две отдаленные точки, каждая из которых может быть определена двумя числами, снова является характеристикой двухмерного континуума.

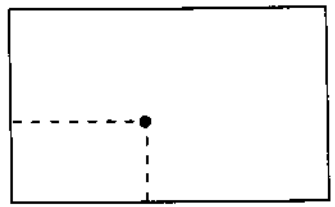


Рис. 59

Еще один пример. Представим себе, что вы хотите в качестве системы координат рассматривать свою комнату. Это означает, что вы хотите любое положение тела определить относительно стен комнаты. Положение кончика лампы, если она в покое, может быть описано тремя числами: два из них определяют расстояние от двух перпендикулярных стен, а третье — расстояние от пола или потолка. Каждой точке пространства соответствуют три определенных числа; каждым трем числам соответствует определенная точка в пространстве (рис. 60). Это выражается предложением: *наше пространство есть трехмерный континуум*. Существуют точки, весьма близкие к каждой данной точке пространства. И опять произвольная малость отрезков линии, связывающей отдаленные точки, каждая из которых представлена тремя числами, есть характеристика трехмерного континуума.

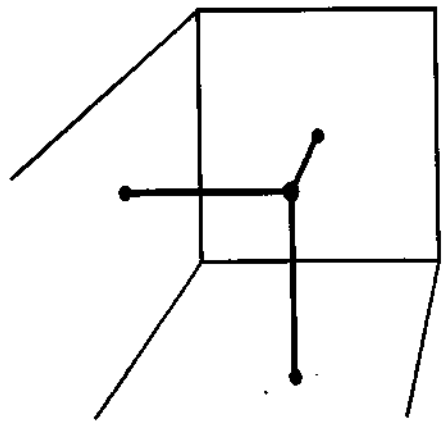


Рис. 60

Но все это едва ли физика. Чтобы вернуться к физике, нужно рассмотреть движение материальных частиц. Чтобы исследовать и предсказывать явления в природе, необходимо рассматривать не только место, но и время физических событий. Возьмем снова очень простой пример.

Маленький камешек, который примем за частицу, падает с башни. Допустим, что высота башни равна 80 метрам. Со времен Галилея мы в состоянии предсказать координаты камня в произвольный момент времени после начала его падения. На [текущей] стр[анице] представлена «временна́я таблица», приближенно описывающая положение камня после 1, 2, 3 и 4 секунд[1].

Время в секундах	Высота над землей в метрах
0	80
1	75
2	60
3	35
4	0

В нашей «временно́й таблице» зарегистрированы пять событий, каждое из которых представлено двумя числами — временем и пространственной координатой каждого события. Первое событие есть начало движения камня с высоты 80 метров от земли в момент, равный нулю. Второе событие есть совпадение камня с нашим твердым стержнем (башней) на высоте 75 метров от земли. Это имеет место по истечении одной секунды. Последнее событие есть удар камня о землю.

Те сведения, которые записаны во «временно́й таблице», можно было бы представить иначе. Пять пар чисел ее можно было бы представить, как пять точек на плоскости. Установим сначала масштаб. Например: пусть один отрезок будет представлять метр, а другой секунду (рис. 61).



Рис.61

Затем нарисуем две перпендикулярные линии, одну из них, скажем, горизонтальную, назовем временно́й осью, вертикальную же — пространственной осью. Мы сразу же видим, что нашу «временну́ю таблицу» можно представить пятью точками в пространственно-временно́й плоскости (рис. 62).

Расстояния точек от пространственной оси представляют собой координаты времени, указанные в первой колонке «временно́й таблицы», а расстояния от оси времен — их пространственные координаты.

[1] В квадратные скобки взяты указания на текущую страницу. В оригинале это— указание на страницу оригинала.— *Прим. ред.*

Одна и та же связь выражена двумя способами: с помощью «временно́й таблицы» и точками на плоскости. Одно может быть построено из другого. Выбор между этими двумя представлениями является делом лишь вкуса, ибо в действительности они оба эквивалентны.

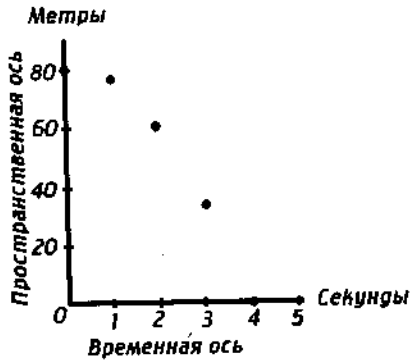


Рис. 62

Сделаем теперь еще один шаг. Представим себе улучшенную «временну́ю таблицу», дающую положения не для каждой секунды, а, скажем, для каждой сотой или тысячной доли секунды. Тогда у нас будет много точек в нашей пространственно-временно́й плоскости. Наконец, если положение дается для каждого мгновения или, как говорят математики, если пространственная координата дается как функция времени, то совокупность точек становится непрерывной линией. Поэтому наш следующий рисунок дает не отрывочные сведения, как прежде, а полное представление о движении камня.

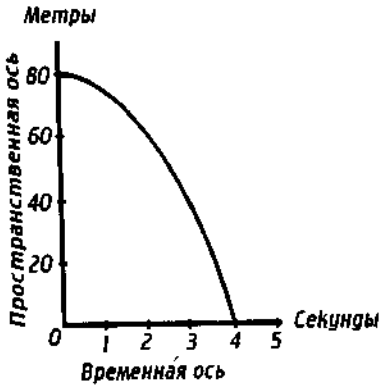


Рис. 63

Движение вдоль твердого стержня (башни), т.е. движение в одномерном пространстве, представлено здесь в виде кривой в двухмерном пространственно-временно́м континууме. Каждой точке в нашем пространственно-временно́м континууме соответствует пара чисел, одно из которых отмечает временну́ю, а другое — пространственную координату. Наоборот: определенная точка в нашем пространственно-временно́м континууме соответствует некоторой паре чисел, характеризующей событие. Две соседние точки представляют собой два события, прошедшие в местах, близких друг от друга, и в моменты времени, непосредственно следующие друг за другом.

Вы могли бы возразить против нашего способа представления следующим образом: мало смысла в представлении единицы времени отрезком, в его механическом соединении с пространством,

образующим двухмерный континуум из двух одномерных континуумов. Но тогда вы должны были бы столь же серьезно протестовать против всех графиков, представляющих, например, изменение температуры в Нью-Йорке в течение последнего лета, или против графиков, изображающих изменение стоимости жизни за последние несколько лет, так как в каждом из этих случаев употребляется тот же самый метод. В температурных графиках одномерный температурный континуум соединяется с одномерным временны́м континуумом в двухмерный температурно-временно́й континуум.

Вернемся к частице, падающей с 80-метровой башни. Наша графическая картина движения есть полезное соглашение, так как она позволяет нам характеризовать положение частицы в любой произвольный момент времени. Зная, как движется частица мы хотели бы изобразить ее движение еще раз. Сделать это можно двумя путями.

Вспомним изображение частиц, изменяющих свое положение со временем в одномерном пространстве. Мы изображаем движение как ряд событий в одномерном пространственном континууме. Мы не смешиваем время и пространство, применяя *динамическую* картину, в которой положения *изменяются* со временем.

Но можно изобразить то же самое движение другим путем. Мы можем образовать *статическую* картину, рассматривая кривую в двухмерном пространственно-временно́м континууме. Теперь движение рассматривается как нечто, что *есть*, что существует в двухмерном пространственно-временно́м континууме, а не как нечто, изменяющееся в одномерном пространственном континууме.

Обе эти картины совершенно равноценны, и предпочтение одной из них перед другой есть дело лишь соглашения и вкуса.

То, что здесь сказано о двух картинах движения, не имеет отношения к теории относительности. Оба представления могут быть использованы с одинаковым правом, хотя классическая теория скорее предпочитала динамическую картину описания движения, как того, что́ происходит в пространстве, статической картине, описывающей его в пространстве-времени. Но теория относительности изменила этот взгляд. Она явно предпочла статическую картину и нашла в этом представлении движения, как того, что́ существует в пространстве-времени, более удобную и более объективную картину реальности. Мы должны еще ответить на вопрос, почему эти две картины эквивалентны с точки зрения классической физики и неэквивалентны с точки зрения теории относительности. Ответ будет понятным, если снова рассмотреть две системы

координат, движущиеся прямолинейно и равномерно друг относительно друга.

Согласно классической физике наблюдатели в обеих системах, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга, найдут для одного и того же события различные пространственные координаты, но одну и ту же временную координату. Таким образом, в нашем примере удар камня о землю характеризуется при нашем выборе системы координат временно́й координатой «4» и пространственной координатой «0». Согласно классической механике наблюдатели, движущиеся прямолинейно и равномерно относительно выбранной системы координат, обнаружат, что камень достигнет земли спустя четыре секунды после начала падения. Но каждый из наблюдателей относит расстояние к своей системе координат, и они будут, вообще говоря, связывать различные пространственные координаты с событием соударения, хотя временна́я координата будет одной и той же для всех других наблюдателей, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга. Классическая физика знает только «абсолютное» время, текущее одинаково для всех наблюдателей. Для каждой системы координат двухмерный континуум может быть разбит на два одномерных континуума: время и пространство. Благодаря «абсолютному» характеру времени переход от «статики» к «динамической» картине движения имеет в классической физике объективный смысл.

Но мы уже убедились в том, что классические преобразования не могут применяться в физике в общем случае. С практической точки зрения они еще пригодны для малых скоростей, но не годятся для обоснования фундаментальных физических вопросов.

Согласно теории относительности момент соударения камня с землей не будет одним и тем же для всех наблюдателей. И временна́я координата, и пространственная координата будут различными в двух различных системах координат, и изменение временно́й координаты будет весьма заметным, если относительная скорость систем приближается к скорости света. Двухмерный континуум не может быть разбит на два одномерных континуума, как в классической физике. Мы не можем рассматривать пространство и время раздельно при определении пространственно-временны́х координат в другой системе координат. Разделение двухмерного континуума на два одномерных оказывается, с точки зрения теории относительности, произвольным процессом, не имеющим объективного смысла.

Все, что мы только что сказали, нетрудно обобщить для случая движения, не ограниченного прямой линией. В самом деле, для описания событий в природе нужно применить не два, а четыре числа. Физическое пространство, постигаемое через объекты и их движения, имеет три измерения, и положения объектов характеризуются тремя числами. Момент события есть четвертое число. Каждому событию соответствует четыре определенных числа; каким-либо четырем числам соответствует определенное событие. Поэтому: мир событий образует *четырехмерный континуум*. В этом нет ничего мистического, и последнее предложение одинаково справедливо и для классической физики, и для теории относительности. И опять различие обнаруживается лишь тогда, когда рассматриваются две системы координат, движущиеся друг относительно друга. Пусть движется комната, а наблюдатели внутри и вне ее определяют пространственно-временны́е координаты одних и тех же событий. Сторонник классической физики разобьет четырехмерный континуум на трехмерное пространство и одномерный временной континуум. Старый физик заботится только о преобразовании пространства, так как время для него абсолютно. Он находит разбиение четырехмерного мирового континуума на пространство и время естественным и удобным. Но с точки зрения теории относительности время, так же как и пространство, изменяется при переходе от одной системы координат к другой, и преобразования Лоренца рассматривают трансформационные свойства четырехмерного пространственно-временно́го континуума — нашего четырехмерного мира событий.

Мир событий может быть описан динамически с помощью картины, изменяющейся во времени и набросанной на фоне трехмерного пространства. Но он может быть также описан посредством статической картины, набросанной на фоне четырехмерного пространственно-временно́го континуума. С точки зрения классической физики обе картины, динамическая и статическая, — равноценны. Но с точки зрения теории относительности статическая картина более удобна и более объективна.

Даже в теории относительности мы можем еще употреблять динамическую картину, если мы ее предпочитаем. Но мы должны помнить, что это деление на время и пространство не имеет объективного смысла, так как время больше не является «абсолютным». Дальше мы еще будем пользоваться «динамическим», а не «статическим» языком, но при этом всегда будем учитывать его ограниченность.

ОБЩАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ

Остается выяснить еще один момент. Пока еще не решен один из наиболее фундаментальных вопросов: существует ли инерциальная система? Мы узнали кое-что о законах природы, их инвариантности по отношению к преобразованиям Лоренца и их справедливости во всех инерциальных системах, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга. Мы имеем законы, но не знаем того «тела отсчета», к которому следует их отнести.

Для того чтобы больше знать об этих трудностях, побеседуем с физиком, стоящим на позиции классической физики, и зададим ему несколько простых вопросов:

– «Что такое инерциальная система?»

– «Это система координат, в которой справедливы законы механики. Тело, на которое не действуют внешние силы, движется в такой системе прямолинейно и равномерно. Это свойство позволяет нам, следовательно, отличить инерциальную систему координат от всякой другой».

– «Но что значит, что на тело не действуют никакие внешние силы?»

– «Это просто значит, что тело движется прямолинейно и равномерно в инерциальной системе координат».

Здесь вы могли бы еще раз поставить вопрос: «Что же такое инерциальная система координат?» Но, поскольку имеется мало надежд получить ответ, отличный от вышеприведенного, постараемся добиться конкретной информации, изменив вопрос:

– «Является ли система, жестко связанная с Землей, инерциальной?»

– «Нет, потому что законы механики не являются строго справедливыми на Земле, благодаря ее вращению. Систему координат, жестко связанную с Солнцем, можно считать инерциальной при решении многих проблем; но, когда мы говорим о вращении Солнца, мы снова заключаем, что жестко связанную с ним систему координат нельзя считать строго инерциальной».

– «Тогда, что конкретно является вашей инерциальной системой координат и как следует выбрать состояние ее движения?»

– «Это только полезная фикция, и у меня нет никакого представления о том, как ее реализовать. Если бы только я мог изолироваться от всех материальных тел и освободиться от всех внешних влияний, то моя система координат была бы инерциальной».

— «Но что вы имеете в виду, говоря о системе координат, свободной от всех внешних влияний?»

— «Я имею в виду, что система координат инерциальна». — Мы вновь вернулись к нашему первоначальному вопросу!

Наша беседа обнаруживает серьезную трудность в классической физике. Мы имеем законы, но не знаем, каково то тело отсчета, к которому следует их отнести, и все наше физическое построение оказывается возведенным на песке.

Мы можем подойти к той же трудности с другой точки зрения. Постараемся представить себе, что во всей Вселенной существует только одно тело, образующее нашу систему координат. Это тело начинает вращаться. Согласно классической механике физические законы для вращающегося тела отличны от законов для невращающегося тела. Если принцип инерции справедлив в одном случае, то он несправедлив в другом. Но все это звучит очень сомнительно. Позволительно ли рассматривать движение лишь одного тела во всей Вселенной? Под движением тела мы всегда разумеем изменение его положения относительно другого тела. Поэтому говорить о движении одного-единственного тела значит противоречить здравому смыслу. Классическая механика и здравый смысл сильно расходятся в этом пункте. Рецепт Ньютона таков: если принцип инерции имеет силу, то система координат либо покоится, либо движется прямолинейно и равномерно. Если принцип инерции не имеет силы, то тело не находится в прямолинейном и равномерном движении. Таким образом, наш вывод о движении или покое зависит от того, применимы или нет все физические законы к данной системе координат.

Возьмем два тела, например Солнце и Землю. Движение, которое мы наблюдаем, опять *относительное*. Его можно описать с помощью системы координат, связанной либо с Землей, либо с Солнцем. С этой точки зрения великое достижение Коперника состоит в переносе системы координат с Земли на Солнце. Но поскольку движение относительно и можно применить любое тело отсчета, то оказывается, что нет никаких оснований для того, чтобы предпочесть одну систему координат другой.

Снова вмешивается физика и изменяет нашу общепринятую точку зрения. Система координат, связанная с Солнцем, имеет с инерциальной системой большее сходство, чем система, связанная с Землей. Физические законы предпочтительнее применять в системе Коперника, чем в системе Птоломея. Величие открытия Коперника может быть высоко оценено лишь с физической точки

зрения. Физика показывает, что для описания движения планет система координат, жестко связанная с Солнцем, имеет огромные преимущества.

В классической физике нет никакого абсолютного прямолинейного и равномерного движения. Если две системы координат движутся прямолинейно и равномерно друг относительно друга, то нет никаких оснований говорить: «Эта система покоится, а другая движется». Но если обе системы координат находятся в непрямолинейном и неравномерном движении друг относительно друга, то имеется полное основание сказать: «Это тело движется, а другое покоится (или движется прямолинейно и равномерно)». Абсолютное движение имеет здесь вполне определенный смысл. В этом месте между здравым смыслом и классической физикой имеется широкая пропасть. Упомянутые трудности, касающиеся инерциальной системы, а также и трудности, касающиеся абсолютного движения, тесно связаны между собой. Абсолютное движение становится возможным только благодаря идее об инерциальной системе, для которой справедливы законы природы.

Может показаться, что будто бы нет выхода из этих трудностей, что будто бы никакая физическая теория не может избежать их. Источник их лежит в том, что законы природы справедливы только для особого класса систем координат, а именно, для инерциальных. Возможность разрешения этих трудностей зависит от ответа на следующий вопрос. Можем ли мы сформулировать физические законы таким образом, чтобы они были справедливыми для всех систем координат, не только для систем, движущихся прямолинейно и равномерно, но и для систем, движущихся совершенно произвольно по отношению друг к другу? Если это можно сделать, то наши трудности будут разрешены. Тогда мы будем в состоянии применять законы природы в любой системе координат. Борьба между воззрениями Птоломея и Коперника, столь жестокая в ранние дни науки, стала бы тогда совершенно бессмысленной. Любая система координат могла бы применяться с одинаковым основанием. Два предложения — «Солнце покоится, а Земля движется» и «Солнце движется, а Земля покоится» — означали бы просто два различных соглашения о двух различных системах координат.

Могли ли бы мы построить реальную релятивистскую физику, справедливую во всех системах координат; физику, в которой имело бы место не абсолютное, а лишь относительное движение? Это, в самом деле, оказывается возможным!

У нас есть по крайней мере одно, хотя и очень слабое, указание о том, как построить новую физику. Действительно, релятивистская физика должна применяться во всех системах координат, а стало быть и в специальном случае — в инерциональной системе. Мы уже знаем законы для этой инерциональной системы координат. Новые общие законы, справедливые для всех систем координат, должны в специальном случае инерциональной системы сводиться к старым, известным законам.

Проблема формулирования физических законов для всякой системы координат была разрешена так называемой *общей теорией относительности*; предыдущая теория, применяемая только к инерциальным системам, называется *специальной теорией относительности*. Эти две теории не могут, разумеется, противоречить друг другу, так как мы всегда должны включать установленные ранее законы специальной теории относительности в общие законы для случая неинерциальной системы. Но если раньше инерциальная система координат была единственной, для которой были сформулированы физические законы, то теперь она будет представлять особый предельный случай, поскольку допустимы любые системы координат, движущиеся произвольно по отношению друг к другу.

Такова программа общей теории относительности. Но, обрисовывая путь, каким она создавалась, мы должны быть еще менее конкретными, чем это было до сих пор. Новые трудности, возникающие в процессе развития науки, вынуждают нашу теорию становиться все более и более абстрактной. Нас ожидает еще ряд неожиданностей. Но наша постоянная конечная цель — все лучшее и лучшее понимание реальности. К логической цепи, связывающей теорию и наблюдение, прибавляются новые звенья. Чтобы очистить путь, ведущий от теории к эксперименту, от ненужных и искусственных допущений, чтобы охватить все более обширную область фактов, мы должны делать цепь все длиннее и длиннее. Чем проще и фундаментальнее становятся наши допущения, тем сложнее математическое орудие нашего рассуждения; путь от теории к наблюдению становится длиннее, тоньше и сложнее. Хотя это и звучит парадоксально, но мы можем сказать: современная физика проще, чем старая физика, и поэтому она кажется более трудной и запутанной. Чем проще наша картина внешнего мира и чем больше фактов она охватывает, тем резче отражает она в наших умах гармонию Вселенной.

Наша новая идея проста: построить физику, справедливую для всех систем координат. Осуществление этой идеи приносит формальное усложнение и вынуждает нас использовать математические методы, отличные от тех, которые до сих пор применялись в физике. Мы покажем здесь только связь между осуществлением этой программы и двумя принципиальными проблемами: тяготением и геометрией.

ВНЕ И ВНУТРИ ЛИФТА

Закон инерции является первым большим успехом в физике, фактически ее действительным началом. Он был получен размышлением об идеализированном эксперименте, о теле, постоянно движущемся без трения и без воздействия каких-либо других внешних сил. Из этого примера, а позднее из многих других, мы узнали о важности идеализированного эксперимента, созданного мышлением. Здесь тоже будут обсуждаться идеализированные эксперименты. Хотя они и могут выглядеть весьма фантастично, тем не менее они помогут нам понять в относительности столько, сколько это возможно с помощью наших простых методов.

Раньше у нас был идеализированный эксперимент с прямолинейно и равномерно движущейся комнатой. Здесь мы будем иметь дело с падающим лифтом.

Представим себе огромный лифт на башне небоскреба, гораздо более высокого, чем какой-либо из действительно построенных. Внезапно канат, поддерживающий лифт, обрывается, и лифт свободно падает по направлению к земле. Во время падения наблюдатели в лифте производят опыты. Описывая их, мы можем не заботиться о сопротивлении воздуха или трении, потому что в наших идеализированных условиях можно пренебречь их наличием. Один из наблюдателей вынимает платок и часы из своего кармана и выпускает их из рук. Что происходит с этими предметами? Для внешнего наблюдателя, который смотрит через окно лифта, и платок, и часы падают по направлению к земле с одинаковым ускорением. Мы помним, что ускорение падающих тел совершенно независимо от их масс, и это было тем фактом, который обнаружил равенство тяжелой и инертной массы (стр. 33). Мы помним также, что равенство двух масс — тяжелой и инертной — с точки зрения классической механики было совершенно случайным фактом и не играло никакой роли в ее структуре. Однако здесь это равенство, отраженное в равенстве ускорения всех падающих тел, существенно и составляет основу всех наших рассуждений.

Вернемся к падающему платку и часам; для внешнего наблюдателя оба предмета падают с одинаковым ускорением. Но таково же ускорение и лифта, его стен, пола и потолка. Поэтому расстояние между обоими телами и полом не изменится. Для внутреннего наблюдателя оба тела остаются точно там же, где они были в тот момент, когда наблюдатель выпустил их из рук. Внутренний наблюдатель может игнорировать поле тяготения, так как источник последнего лежит вне его системы координат. Он находит, что никакие силы внутри лифта не действуют на оба тела, и, таким образом, они остаются в покое, как если бы они находились в инерциальной системе. Странные вещи происходят в лифте! Если наблюдатель толкает тело в каком-либо направлении, например вверх или вниз, то оно всегда движется прямолинейно и равномерно, пока не столкнется с потолком или полом лифта. Короче говоря, законы классической механики справедливы для наблюдателя внутри лифта. Все тела ведут себя так, как следовало ожидать по закону инерции. Наша новая система координат, жестко связанная со свободно падающим лифтом, отличается от инерциальной системы лишь в одном отношении. В инерциальной системе координат движущееся тело, на которое не действуют никакие силы, будет вечно двигаться прямолинейно и равномерно. Инерциальная система координат, рассматриваемая в классической физике, не ограничена ни в пространстве ни во времени. Однако рассматриваемый случай с наблюдателем, находящимся в лифте, иной. Инерциальный характер его системы координат ограничен в пространстве и времени. Рано или поздно прямолинейно и равномерно движущееся тело столкнется со стенками лифта; при этом прямолинейное и равномерное движение нарушится. Рано или поздно весь лифт столкнется с землей, уничтожив наблюдателей и их опыты. Эта система координат является лишь «карманным изданием» реальной инерционной системы.

Этот локальный характер системы координат весьма существен. Если бы наш воображаемый лифт достигал размеров от Северного полюса до экватора и платок был бы помещен на Северном полюсе, а часы на экваторе, то для внешнего наблюдателя оба тела не имели бы одинакового ускорения; они не были бы в покое друг относительно друга. Все наши рассуждения потерпели бы крушение! Размеры лифта должны быть ограничены так, чтобы можно было предположить равенство ускорений всех тел по отношению к внешнему наблюдателю.

С этим ограничением система координат, связанная с падающим лифтом, инерциальна для внутреннего наблюдателя. По крайней мере мы можем указать систему координат, в которой справедливы все физические законы, хотя она и ограничена во времени и пространстве. Если мы вообразим другую систему координат, другой лифт, движущийся прямолинейно и равномерно относительно свободно падающего, то обе эти системы координат будут локально инерциальными. Все законы совершенно одинаковы в обеих системах. Переход от одной системы к другой дается преобразованием Лоренца.

Посмотрим, каким путем оба наблюдателя, внешний и внутренний, описывают то, что происходит в лифте.

Внешний наблюдатель замечает движение лифта и всех тел в нем, и находит его соответствующим закону тяготения Ньютона. Для него движение является не равномерным, а ускоренным, вследствие действия поля тяготения земли.

Однако, поколение физиков, рожденное и воспитанное в лифте, рассуждало бы совершенно иначе. Оно было бы уверено в том, что оно обладает инерциальной системой, и относило бы все законы природы к своему лифту, заявляя с уверенностью, что законы принимают особенно простую форму в их системе координат. Для них было бы естественным считать свой лифт покоящимся и свою систему координат инерциальной.

Невозможно установить принципиальное различие между внешним и внутренним наблюдателем. Каждый из них мог бы претендовать на право отнести все события к своей системе координат. Оба описания событий можно было бы сделать одинаково последовательными.

Из этого примера мы видим, что последовательное описание физических явлений в двух различных системах координат возможно, даже если они не движутся прямолинейно и равномерно друг относительно друга. Но для такого описания мы должны принять во внимание тяготение, создающее, так сказать, «мост», позволяющий перейти от одной системы координат к другой. Поле тяготения существует для внешнего наблюдателя, для внутреннего наблюдателя оно не существует. Ускоренное движение лифта в поле тяготения существует для внешнего наблюдателя, для внутреннего же наблюдателя — покой и отсутствие поля тяготения. Но «мост», т.е. поле тяготения, делающее описание в обеих системах координат возможным, покоится на одной очень важной опоре: эквивалентности тяжелой и инертной масс. Без этой руководящей

оставшейся незамеченной в классической механике, наши теперешние рассуждения полностью отпали бы.

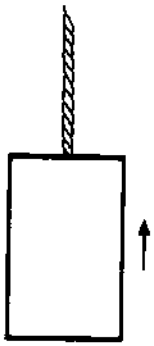


Рис.64

Возьмем несколько иной идеализированный эксперимент. Пусть имеется инерциальная система координат, в которой справедлив закон инерции. Мы уже описывали то, что происходит в лифте, покоящемся в такой инерциальной системе. Но теперь мы изменим картину. Кто-то извне привязал к лифту канат и тянет его с постоянной силой в направлении, указанном на рисунке 64. Неважно, как это осуществлено. Так как законы механики справедливы в этой системе координат, то лифт в целом движется с постоянным ускорением в направлении движения. Будем опять слушать объяснения явлений, происходящих в лифте, даваемые внешним и внутренним наблюдателями.

Внешний наблюдатель. Моя система координат инерциальна. Лифт движется с постоянным ускорением, потому что подвергается воздействию постоянной силы. Наблюдатели внутри лифта находятся в абсолютном движении, для них законы механики несправедливы. Они не находят, что тела, на которые не действуют силы, покоятся. Если тело остается свободным, оно скоро столкнется с полом лифта, так как пол движется вверх по направлению к телу. Это происходит одинаково и с часами, и с платком. Мне кажется очень странным, что наблюдатель внутри лифта должен всегда быть на «полу», потому что, как только он прыгает, пол достигает его вновь.

Внутренний наблюдатель. Я не вижу какого-либо основания считать, что мой лифт находится в абсолютном движении. Я согласен, что моя система координат, жестко связанная с лифтом, фактически не инерциальна, но я не думаю, что это имеет какое-то отношение к абсолютному движению. Мои часы, платок и все тела падают потому, что лифт в целом находится в поле тяготения. Я замечаю движение точно такого же рода, как и человек на Земле. Он объясняет его очень просто— действием поля тяготения. Такое же объяснение подходит и для меня.

Эти два описания — одно данное внешним, а другое — внутренним наблюдателем,— вполне последовательны, и нет возможности решить, какое из них правильно. Мы можем принять любое из них для описания явлений в лифте: либо вместе с внешним наблюдателем принять неравномерность движения и отсутствие поля

тяготения, либо вместе с внутренним наблюдателем принять покой и наличие поля тяготения.

Внешний наблюдатель может предположить, что лифт находится в «абсолютном» неравномерном движении. Но движение, которое уничтожается предположением о действии поля тяготения, не может считаться абсолютным.

Возможно, что имеется выход из неопределенности, созданной наличием двух различных описаний, и, может быть, можно было бы вынести решение в пользу одного и против другого. Представим себе, что световой луч входит в лифт горизонтально через боковое окно и спустя очень короткое время достигает противоположной стены. Посмотрим, каковы будут предсказания обоих наблюдателей относительно пути луча.

Внешний наблюдатель который считает, что лифт находится в ускоренном движении, утверждал бы: световой луч входит в окно и движется горизонтально вдоль прямой с постоянной скоростью по направлению к противоположной стене. Но лифт движется вверх, и за время, в течение которого свет доходит к стене, лифт изменит свое положение. Поэтому свет упадет в точку, расположенную не точно напротив точки его входа, а немного ниже (рис. 65). Смещение будет очень небольшим, но тем не менее оно существует, и световой луч проходит относительно лифта не вдоль прямой, а вдоль слабо искривленной линии. Это вызвано тем, что за то время, когда луч пересекает внутренность лифта, сам лифт смещается на некоторое расстояние.

Внутренний наблюдатель, который считает, что на все объекты в лифте действует поле тяготения, сказал бы: ускоренного движения лифта нет, а есть лишь действие поля тяготения. Луч света невесом и потому не будет подвергаться действию поля тяготения. Если его направить горизонтально, он упадет на стену в точке как раз напротив той, в которую он вошел.

Из этого обсуждения следует, что имеется возможность выбора одной из двух противоположных точек зрения, так как явление различалось бы для обоих наблюдателей. Если ни в одном из только что указанных объяснений нет ничего нелогичного, то все наши предыдущие рассуждения нарушаются, и мы не можем последовательно описывать все явления двумя методами, либо принимая поле тяготения, либо отказываясь от него.

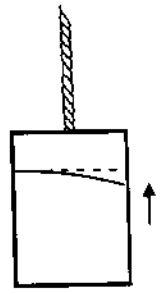


Рис. 65

Но, к счастью, в рассуждениях внутреннего наблюдателя имеется серьезная ошибка, спасающая наши предыдущие заключения. Он сказал: «Луч света невесом и потому не будет подвергаться действию поля тяготения». Но это неверно! Луч света несет энергию, а энергия имеет массу. Но на всякую инертную массу поле тяготения оказывает воздействие, так как инертная и тяжелая массы эквивалентны. Луч света будет искривляться в поле тяготения точно так же, как искривляется траектория тела, брошенного горизонтально со скоростью, равной скорости света. Если бы внутренний наблюдатель рассуждал строго и принял бы во внимание искривление световых лучей в поле тяготения, то его выводы были бы точно такими же, как и выводы внешнего наблюдателя.

Поле тяготения Земли, конечно, очень слабо для того, чтобы искривление светового луча в нем можно было обнаружить непосредственно экспериментом. Но известные опыты, проделанные во время солнечных затмений, убедительно, хотя и косвенно, показывает влияние поля тяготения на путь светового луча.

Из этих примеров следует, что имеется вполне обоснованная надежда сформулировать релятивистскую физику. Но для этого мы должны сначала разрешить проблему тяготения.

Мы видели на примере с лифтом последовательность двух описаний. Можно предположить наличие неравномерности движения, а можно этого не делать. Мы можем исключить из наших примеров «абсолютное» движение с помощью поля тяготения. Но тогда в неравномерном движении нет ничего абсолютного. Поле тяготения в состоянии полностью его уничтожить.

Призраки абсолютного движения и инерциальной системы координат могут быть исключены из физики и может быть построена новая релятивистская физика. Наши идеализированные опыты показывают, как тесно связана проблема общей теории относительности с проблемой тяготения и почему эквивалентность тяжелой и инертной масс так существенна для этой связи. Ясно, что решение проблемы тяготения в общей теории относительности должно отличаться от ньютоновского. Законы тяготения, так же как и все законы природы, должны быть сформулированы для всех возможных систем координат, в то время как законы классической механики, сформулированные Ньютоном, справедливы лишь в инерциальных системах координат.

ГЕОМЕТРИЯ И ОПЫТ

Наш следующий пример будет более фантастичным, чем пример с падающим лифтом. Мы должны подойти к новой проблеме, проблеме связи между общей теорией относительности и геометрией. Начнем с описания мира, в котором живут лишь двухмерные, а не трехмерные существа, как в нашем. Кинематограф приучил нас к двухмерным существам, действующим на двухмерном экране. Представим себе теперь, что эти теневые фигуры, действующие на экране, действительно существуют, что они обладают способностью мышления, что они могут создавать свою собственную науку, что для них двухмерный экран олицетворяет геометрическое пространство. Эти существа не в состоянии представить себе наглядным образом трехмерное пространство, так же, как мы не в состоянии представить мир четырех измерений. Они могут изогнуть прямую линию; они знают, что такое круг, но они не в состоянии построить сферу, потому что это означало бы покинуть их двухмерный экран. Мы находимся в таком же положении. Мы в состоянии изогнуть и линии, и поверхности, но мы с трудом можем представить искривленное пространство.

Живя, мысля и экспериментируя, наши теневые фигуры могли бы, возможно, овладеть знанием двухмерной евклидовой геометрии. Таким образом, они могли бы доказать, что сумма углов в треугольнике равна 180 градусам. Они могли бы построить два круга с общим центром, один очень малый, а другой большой. Они нашли бы, что отношение длин окружностей двух таких кругов равно отношению их радиусов — результат, опять характерный для евклидовой геометрии. Если бы экран был бесконечно велик, то наши теневые существа нашли бы, что, отправившись однажды в путешествие вперед по прямой, они никогда не вернулись бы к своей отправной точке.

Представим себе теперь, что эти двухмерные существа живут в измененных условиях. Предположим, что кто-то извне, из «третьего измерения» перенес их с экрана на поверхность сферы с очень большим радиусом. Если эти тени очень малы по отношению ко всей поверхности, если у них нет средств дальнего сообщения и они не могут двигаться очень далеко, то они не обнаружат какого-либо изменения. Сумма углов в малых треугольниках еще составляет 180 градусов. Отношение радиусов двух малых кругов с общим центром еще равно отношению длин их окружностей.

Но пусть эти теневые существа с течением времени развивают свои теоретические и технические познания. Пусть ими найдены средства сообщения, позволяющие им быстро покрывать огромные расстояния. Тогда они найдут, что, отправляясь в путешествие прямо вперед, они, в конце концов, вернутся к своей исходной точке. «Прямо вперед» означает вдоль большого круга сферы. Они найдут также, что отношение длин двух концентрических окружностей не равно отношению радиусов, если один из радиусов мал, а другой велик.

Если наши двухмерные существа консервативны, если их поколения изучали евклидову геометрию в прошлом, когда они не могли далеко путешествовать и когда эта геометрия соответствовала наблюдаемым фактам, то они, конечно, сделают все возможное, чтобы сохранить ее, несмотря на очевидность своих измерений. Они постараются заставить физику нести бремя этих противоречий. Они станут искать какие-либо физические основания, скажем, различие температур, деформирующее линии и вызывающее отклонение от евклидовой геометрии. Но раньше или позже они должны будут найти, что имеется гораздо более логический и последовательный путь описания этих явлений. Они окончательно поймут, что их мир конечен, что его геометрические принципы отличны от тех, которые они изучали. Несмотря на свою неспособность представить себе свой мир, они поймут, что он есть двухмерная поверхность сферы. Они скоро изучат новые принципы геометрии, которая, хотя и отличается от евклидовой, тем не менее может быть сформулирована так же последовательно и логично для их двухмерного мира. Новому поколению, воспитанному на знании сферической геометрии, старая евклидова геометрия будет казаться более сложной и искусственной, так как она не соответствует наблюдаемым фактам.

Вернемся к трехмерным существам нашего мира.

Что это значит, когда утверждают, что наше трехмерное пространство имеет евклидов характер? Смысл этого в том, что все логически доказанные положения евклидовой геометрии могут быть точно подтверждены действительным экспериментом. С помощью твердых тел или световых лучей мы можем построить объекты, соответствующие идеализированным объектам евклидовой геометрии. Ребро линейки или световой луч соответствуют прямой. Сумма углов треугольника, построенного из тонких жестких стержней, равна 180 градусам. Отношение радиусов двух концентрических окружностей, построенных из тонкой упругой проволоки,

равно отношению длин окружностей. Истолкованная таким образом евклидова геометрия становится главой физики, хотя и очень простой ее главой.

Но мы можем представить себе, что обнаружены противоречия: например, что сумма углов большого треугольника, построенного из стержней, которые по многим основаниям должны были считаться твердыми, не равны 180 градусам. Так как мы уже прибегали к идее конкретного представления объектов евклидовой геометрии с помощью твердых тел, то мы, вероятно, стали бы искать какие-либо физические силы, которые явились причиной такого неожиданного поведения наших стержней. Мы постарались бы найти физическую природу этих сил и их влияние на другие явления. Чтобы спасти евклидову геометрию, мы обвинили бы объекты в том, что они не тверды, что они не точно соответствуют объектам евклидовой геометрии. Мы постарались бы найти лучшие тела, ведущие себя так, как это ожидается согласно евклидовой геометрии. Если бы, однако, нам не удалось объединить евклидову геометрию и физику в простую и последовательную картину, то мы должны были бы отказаться от идеи, что наше пространство евклидово, и искать более последовательную картину реальности на основе более общих предположений о геометрических свойствах нашего пространства.

Необходимость этого может быть проиллюстрирована с помощью идеализированного эксперимента, показывающего, что действительно релятивистская физика не может основываться на евклидовой геометрии. Наши рассуждения будут предполагать, что уже известны выводы, касающиеся инерциальной системы координат, а также специальная теория относительности.

Представим себе большой диск с двумя концентрическими окружностями, нарисованными на нем; одна из этих окружностей мала, другая очень велика (рис. 66). Диск быстро вращается. Он вращается относительно внешнего наблюдателя; пусть имеется еще внутренний наблюдатель, помещающийся на диске. Предположим далее, что система координат внешнего наблюдателя инерциальна. Внешний наблюдатель может нарисовать в своей инерциальной системе две такие же окружности — малую и большую, покоящиеся в его системе, но совпадающие с окружностями на вращающемся диске. Евклидова геометрия справедлива в его системе координат, так как его система инерциальна, — так что отношение длин окружностей равно отношению радиусов. А что же находит наблюдатель на диске? С точки зрения классической фи-

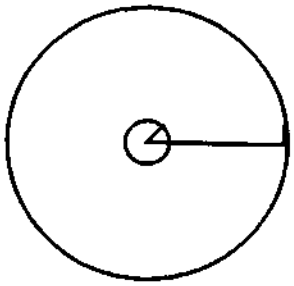


Рис.66

зики, а также специальной теории относительности его система координат недопустима. Но если мы стремимся найти новую форму физических законов, справедливую в любой системе координат, то мы должны рассматривать наблюдателя на диске и наблюдателя внешнего с одинаковой серьезностью. Теперь мы извне следим за попыткой внутреннего наблюдателя найти путем измерения длины окружностей и радиусов на вращающемся диске. Он использует такой же небольшой измерительный масштаб, какой был использован внешним наблюдателем. «Такой же» означает либо действительно тот же, просто переданный внешним наблюдателем внутреннему, либо один из двух масштабов, имеющих одинаковую длину в покоящейся системе координат.

Внутренний наблюдатель на диске начинает измерение радиуса и длины окружности малого круга. Его результат может оказаться таким же, как и результат внешнего наблюдателя. Ось, на которой вращается диск, проходит через центр. Те части диска, которые близки к центру, имеют очень небольшие скорости. Если окружность достаточно мала, мы можем спокойно применить классическую механику и не обращать внимания на специальную теорию относительности. Это означает, что отрезок имеет одинаковую длину как для внешнего, так и для внутреннего наблюдателя, и результат двух измерений будет одинаков для них обоих. Теперь наблюдатель на диске измеряет радиус большой окружности. Помещенный на радиусе отрезок движется относительно внешнего наблюдателя. Однако такой отрезок не сокращается и будет иметь одинаковую длину для обоих наблюдателей, так как направление движения перпендикулярно к отрезку. Таким образом, три измерения одинаковы для обоих наблюдателей: два радиуса и малая окружность. Но не так обстоит дело с четвертым измерением. Длина большой окружности будет различна для обоих наблюдателей. Отрезок, помещенный на окружности в направлении движения, теперь будет казаться сокращенным для внешнего наблюдателя сравнительно с соответствующим ему покоящимся отрезком. Скорость на внешней окружности гораздо больше, чем скорость на внутренней окружности, и это сокращение должно быть учтено. Поэтому, если мы применим выводы специальной теории относительнос-

ти, наше заключение будет таково: длина большой окружности должна быть различной, если она измеряется обоими наблюдателями. Так как только одна из четырех длин, измеренных обоими наблюдателями, не будет одинаковой для обоих, то для внутреннего наблюдателя отношение обоих радиусов не может быть равным отношению окружностей, как это имеет место для внешнего наблюдателя. Это означает, что наблюдатель на диске не может подтвердить справедливость евклидовой геометрии в своей системе.

После получения этого результата наблюдатель на диске может сказать, что он не хочет рассматривать систему координат, в которой несправедлива евклидова геометрия. Нарушение евклидовой геометрии обязано абсолютному вращению, тому факту, что система координат, с которой связан наблюдатель, плоха и недопустима. Но, утверждая это, он отвергает важную идею общей теории относительности. С другой стороны, если мы хотим отвергнуть абсолютное движение и сохранить идею об общей относительности, то вся физика должна быть построена на основе более общей геометрии, чем евклидова. Нет возможности избежать этих следствий, если допустимы все системы координат.

Изменения, произведенные общей теорией относительности, не могут ограничиваться одним пространством. В специальной теории относительности у нас были часы, покоящиеся в каждой из систем координат, имеющие одинаковый ритм и синхронизированные, т.е. показывающие одинаковое время в один и тот же момент. Что происходит с часами в неинерциальной системе координат? Идеализированный эксперимент с диском снова будет нам полезен. Внешний наблюдатель имеет в своей инерциальной системе совершенные часы, которые все синхронизированы, все имеют одинаковый ритм. Внутренний наблюдатель берет двое часов одинакового сорта и помещает одни из них на малую внутреннюю окружность, а другие на большую внешнюю. Часы на внутренней окружности имеют очень небольшую скорость по отношению к внешнему наблюдателю. Поэтому мы можем спокойно заключить, что их ритм будет одинаков с ритмом внешних часов. Но часы на большой окружности имеют значительную скорость, изменяющую их ритм сравнительно с часами внешнего наблюдателя, а стало быть, и сравнительно с часами, помещенными на малой окружности. Таким образом, двое вращающихся часов будут иметь различный ритм, а применяя выводы специальной теории относительности, мы снова видим, что мы не можем во вращающейся системе создать какие-либо приборы, подобные приборам в

инерциальной системе координат. Чтобы выяснить, какие выводы могут быть сделаны из этого и из описанных ранее идеализированных экспериментов, приведем еще раз разговор между старым физиком С, который верит в классическую физику, и современным физиком Н, который признает общую теорию относительности. Пусть С будет внешним наблюдателем в инерциальной системе координат, а Н — наблюдателем на вращающемся диске.

С. В вашей системе евклидова геометрия несправедлива. Я следил за вашими измерениями и я согласен, что отношение двух окружностей в вашей системе не равно отношению их радиусов. Но это показывает, что ваша система координат недопустима. А моя система — инерциального характера, и я свободно могу применять евклидову геометрию. Ваш диск находится в абсолютном движении и с точки зрения классической физики образует недопустимую систему, в которой законы механики несправедливы.

Н. Я не хочу ничего слышать об абсолютном движении. Моя система так же хороша, как и ваша. Что я заметил, так это ваше вращение по отношению к моему диску. Никто не может мне запретить отнести все движения к моему диску.

С. Но не чувствовали ли вы странной силы, стремящейся удалить вас от центра диска? Если бы ваш диск не был быстро вращающейся каруселью, то две вещи, которые вы наблюдали, конечно, не имели бы места. Вы не заметили бы силы, толкающей вас к границе диска, и не заметили бы, что евклидова геометрия неприменима в вашей системе. Не достаточны ли эти факты, чтобы убедить вас, что ваша система находится в абсолютном движении?

Н. Вовсе нет! Я, конечно, заметил оба факта, упомянутые вами, но я полагаю, что оба они вызываются сильным полем тяготения, действующим на мой диск. Поле тяготения, направленное от центра диска, деформирует мои твердые тела и изменяет ритм моих часов. Поле тяготения, неевклидова геометрия, часы с различным ритмом — все это кажется мне тесно связанным. Принимая какую-либо систему координат, я должен одновременно предположить наличие соответствующего поля тяготения и его влияние на твердые тела и часы.

С. Но вы знаете о трудностях, вызванных вашей общей теорией относительности? Мне хотелось бы сделать свою точку зрения ясной, приведя простой не физический пример. Представим себе идеализированный американский город, состоящий из параллельных улиц с параллельными проспектами, расположенными перпендикулярно к ним (рис. 67). Расстояние между улицами, а также между проспектами всюду одно и то же. Поскольку это так, то и кварталы совершенно одинаковы по величине. Таким путем я могу легко характеризовать положение любого квартала. Но это построение было бы невозможно без евклидовой геометрии. Таким образом, например, мы не можем покрыть всю нашу Землю одним большим идеальным американским городом. Один взгляд на глобус убедит вас в этом. Но мы не могли бы покрыть и ваш диск такой «американской городской конструкцией». Вы утверждаете, что ваши стержни деформированы гравитационным полем. Тот факт, что вы не могли подтвердить теорему Евклида о равенстве отношений радиусов и окружностей, ясно показывает, что если вы продолжите такое строительство улиц и проспектов достаточно далеко, то рано или поздно вы придете к трудностям и найдете, что оно невозможно на вашем диске. Ваша геометрия на вращающемся диске подобна геометрии на кривой поверхности, где, конечно, указанное построение улиц и проспектов на достаточно большой части поверхности невозможно. Для того чтобы пример был более физическим, возьмем пластинку, неравномерно нагретую, с различной температурой в разных частях поверхности. Можете ли вы с помощью тонких железных прутов, длина которых увеличивается от нагревания, выполнить «параллельно-перпендикулярное» построение, нарисованное мною ниже? Конечно, нет! Ваше «поле тяготения» разыгрывает над вашими стержнями ту же шутку, что и изменение температуры над тонкими железными прутами.

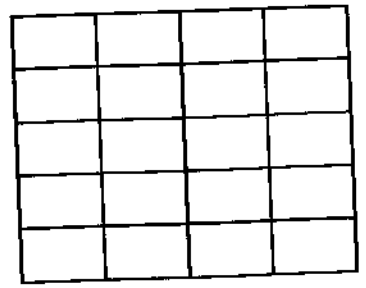


Рис.67

Н. Все это не пугает меня. Построение улиц и проспектов необходимо для того, чтобы определить положения точек, часы— для того, чтобы установить порядок событий. Вовсе не необходимо, чтобы город был американским: с таким же успехом он может быть и древнеевропейским. Представим себе идеализированный город, построенный из пластичного материала и затем деформированный (рис. 00). Я могу все еще подсчитать кварталы и узнать улицы и проспекты, хотя они уже больше не прямые и не равноудалены друг от друга. Подобно этому долготы и широты отмечают положения точек на нашей Земле, хотя на ней и нельзя осуществить построения «американского города».

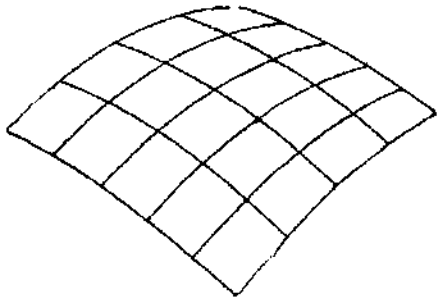


Рис.68

С. Но я вижу еще трудность. Вы вынуждены использовать вашу «европейскую городскую структуру». Я согласен, что вы можете установить порядок точек или времени событий, но это построение спутает все измерения расстояний. Оно не даст вам *метрические свойства* пространства, как это дает мое построение. Возьмем пример. Я знаю, что пройдя в моем американском городе десять кварталов, я дважды покрою расстояние пяти кварталов. Так как я знаю, что все кварталы равны, я сразу же могу определить расстояния.

Н. Это верно. В моей «европейской городской структуре» я не могу сразу же определить расстояния числом деформированных кварталов. Я должен знать кое-что большее; я должен знать геометрические свойства моей поверхности. Совершенно так же каждый знает, что расстояние между 0°и 10° долготы на экваторе не равно расстоянию между теми же долготами вблизи Северного полюса. Но всякий штурман знает, как оценить расстояние между двумя такими точками на нашей Земле, ибо он знает ее геометрические свойства. Он может сделать это либо путем подсчета, основываясь на знании сферической тригонометрии, либо экспериментальным путем, проводя свой корабль по обоим путям с одинаковой скоростью. В вашем случае вся проблема тривиальна, ибо все улицы и проспекты равно отстоят друг от друга. В случае нашей Земли это уже более сложно; два меридиана 0° и 10° пересекаются на земных полюсах и наиболее отдалены друг от друга на экваторе. Подобно этому, чтобы определять расстояния, я должен знать в своей «европейской городской структуре» нечто большее, чем вы в своей «американской городской структуре». Я могу получить эти дополнительные знания изучением геометрических свойств моего континуума в каждом отдельном случае.

С. Все это только показывает, к какому неудобству и сложности приводит потеря простой структуры евклидовой геометрии ради запутанных построений, которые вы обязаны употреблять. Действительно ли это необходимо?

Н. Боюсь, что да, если мы желаем применять нашу физику в любой системе координат, не прибегая к таинственной инерциальной системе. Я согласен, что мой математический аппарат гораздо сложнее вашего, но зато мои физические предположения более просты и естественны.

Дискуссия ограничивалась двухмерным континуумом. Предмет спора в общей теории относительности еще более сложен, так как там — не двухмерный, а четырехмерный пространственно-временно́й континуум. Но идеи те же, что и набросанные здесь для случая двухмерного пространства. В общей теории относительности мы не можем применять механических построений, с помощью сети параллельно-перпендикулярных стержней и синхронизированных часов, как в специальной теории относительности. В произвольной системе координат мы не можем определить точку и момент времени, в которые произошло событие, используя твердые стержни и ритмичные и синхронизированные часы, как в инерциальной системе координат специальной теории относительности. Мы по-прежнему можем установить порядок событий с помощью наших неевклидовых стержней и часов с различным ритмом. Но действительные измерения, требующие твердых стержней и совершенных ритмичных и синхронизированных часов, могут быть выполнены только в локальной инерциальной системе. Для такой системы справедлива вся специальная теория относительности. Но наша «хорошая» система координат только локальна, ее инерциальный характер ограничен в пространстве и времени. Даже в нашей произвольной системе координат мы можем предвидеть результаты измерений, сделанные в локальной инерциальной системе. Но для этого мы должны знать геометрический характер нашего пространственно-временно́го континуума.

Наши идеализированные эксперименты показывают только общий характер новой релятивистской физики. Эти эксперименты показывают нам, что основной проблемой является проблема тяготения. Они показывают нам также, что общая теория относительности приводит к дальнейшему обобщению понятий времени и пространства.

ОБЩАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ И ЕЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

Общая теория относительности пытается сформулировать физические законы для всех систем координат. Фундаментальная про-

блема теории относительности есть проблема тяготения. Теория относительности сделала первое со времени Ньютона серьезное усилие заново сформулировать закон тяготения. Действительно ли это необходимо? Мы уже узнали о достижениях теории Ньютона, об огромном развитии астрономии, основанном на его законе тяготения. Ньютонов закон еще остается основой всех астрономических расчетов. Но мы узнали также о некоторых возражениях против старой теории. Ньютонов закон справедлив только в инерциальной системе координат классической физики, в системе координат, определенной, как мы помним, условием, что в ней должны быть справедливы законы механики. Сила, действующая между двумя массами, зависит от расстояния между ними. Связь между силой и расстоянием, как мы знаем, инвариантна относительно классических преобразований. Но этот закон не соответствует строению специальной теории относительности. Расстояние не инвариантно по отношению к преобразованиям Лоренца. Мы могли бы стараться, что мы и делали успешно в отношении законов движения, обобщить закон тяготения, сделать его соответствующим специальной теории относительности или, другими словами, формулировать его так, чтобы он был инвариантным по отношению к преобразованиям Лоренца, а не по отношению к классическим преобразованиям. Но ньютонов закон тяготения упрямо сопротивляется все нашим усилиям упростить и приспособить его к схеме специальной теории относительности. Даже если бы это и удалось нам, был бы необходим еще дальнейший шаг, шаг от инерциальной системы координат специальной теории относительности к произвольной системе общей теории относительности. С другой стороны, идеализированный эксперимент с падающим лифтом ясно показывает, что нет шансов сформулировать общую теорию относительности без разрешения проблемы тяготения. Из наших рассуждений видно, почему решение проблемы тяготения различно в классической физике и в общей теории относительности.

Мы постарались показать путь, ведущий нас к общей теории относительности, и основания, вынуждающие нас еще раз изменить наши старые взгляды. Не входя в формальную структуру теории, мы охарактеризуем некоторые черты новой теории тяготения для сравнения со старой. Не слишком трудно будет понять природу различий обеих теорий после всего, что было ранее сказано.

1. Гравитационные уравнения общей теории относительности могут быть применены к любой системе координат. Выбрать какую-либо особую систему координат в специальном случае — дело лишь

удобства. Теоретически допустимы все системы координат. Игнорируя тяготение, мы автоматически возвращаемся к инерциальной системе специальной теории относительности.

2. Ньютонов закон тяготения связывает движение тела здесь и теперь с действием другого тела в то же самое время на далеком расстоянии. Этот закон стал образцом для всего механистического мировоззрения. Но механистическое мировоззрение потерпело крах. В уравнениях Максвелла мы создали новый образец для законов природы. Уравнения Максвелла суть структурные законы. Они связывают события, которые происходят теперь и здесь, с событиями, которые происходят немного позднее и в непосредственном соседстве. Они суть законы, описывающие электромагнитное поле. Наши новые гравитационные уравнения суть также структурные законы, описывающие изменение поля тяготения. Схематически мы можем сказать: переход от ньютонова закона тяготения к общей относительности до некоторой степени аналогичен переходу от теории электрических жидкостей и закона Кулона к теории Максвелла.

3. Наш мир неевклидов. Геометрическая природа его образована массами и их скоростями. Гравитационные уравнения общей теории относительности стремятся раскрыть геометрические свойства нашего мира.

Предположим на минуту, что нам удалось последовательно выполнить программу общей теории относительности. Но не грозит ли нам опасность увлечения спекуляциями, слишком далекими от реальности? Мы знаем, как хорошо старая теория объясняет астрономические наблюдения. Можно ли построить мост между новой теорией и наблюдением? Каждое рассуждение должно проверяться экспериментом, и любые выводы, как бы привлекательны они ни были, должны отбрасываться, если не соответствуют фактам. Как выдержала новая теория тяготения экспериментальную проверку? Ответ на этот вопрос можно дать в следующем предложении: старая теория есть особый предельный случай новой. Если силы тяготения сравнительно слабы, прежний ньютонов закон оказывается хорошим приближением к новым законам тяготения. Таким образом, все наблюдения, подтверждающие классическую теорию, подтверждают и общую теорию относительности. Мы вновь приходим к старой теории от более высокого уровня новой.

Даже если бы нельзя было указать дополнительных наблюдений в пользу новой теории, если бы ее объяснения были лишь столь же хороши, как и объяснения старой теории, предоставляя тем са-

мым свободный выбор между обеими теориями, мы должны были бы отдать предпочтение новой. Уравнения новой теории с формальной точки зрения сложнее, но их предпосылки, с точки зрения основных принципов, гораздо проще. Исчезли два страшных привидения — абсолютное время и инерциальная система. Чрезвычайно важная идея эквивалентности тяжелой и инертной масс не осталась без внимания. Не надо допущений, касающихся сил тяготения и их зависимости от расстояния. Уравнения тяготения имеют форму структурных законов, форму, которая требуется от всех физических законов со времени великих достижений теории поля.

Из новых гравитационных законов могут быть сделаны и новые выводы, не содержащиеся в законах тяготения Ньютона. Один вывод, а именно отклонение светового луча в поле тяготения, уже указывался. Приведем еще два других следствия.

Если старые законы вытекают из новых, когда силы тяготения слабы, то отклонения от ньютонова закона тяготения можно ожидать только для сравнительно больших сил тяготения. Возьмем нашу солнечную систему. Планеты, и среди них наша Земля, движутся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Меркурий — планета, наиболее близкая к Солнцу. Притяжение между Солнцем и Меркурием сильнее, чем между Солнцем и любой другой планетой, так как расстояние его от Солнца меньше. Если имеется какая-либо надежда найти отклонение от закона Ньютона, то наибольший шанс — движение Меркурия. Из классической теории следует, что путь, описываемый Меркурием, того же вида, как и путь любой другой планеты, и отличается лишь тем, что он ближе к Солнцу. Согласно общей теории относительности движение должно немного отличаться. Не только Меркурий должен вращаться вокруг Солнца, но и эллипс, который он описывает, должен очень медленно вращаться относительно системы координат, связанной с Солнцем (рис.69). Это вращение эллипса выражает новый эффект общей теории относительности. Новая теория предсказывает величину этого эффекта. Эллипс Меркурия осуществлял бы полное вращение в три миллиона лет! Мы видим, как незначителен этот эффект и как безнадежно было бы

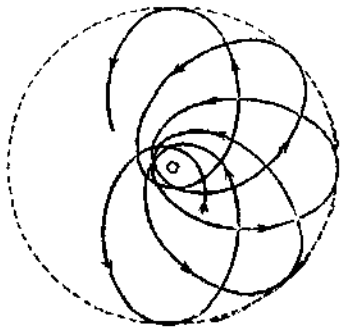


Рис.69

искать его в отношении планет, обращающихся на более далеком расстоянии от Солнца.

Отклонение орбиты планеты Меркурий от эллиптической было известно прежде, чем была сформулирована общая теория относительности, но никакого объяснения этому нельзя было найти. С другой стороны, общая теория относительности развивалась без всякого внимания к этой специальной проблеме. Заключение о вращении эллипса при движении планеты вокруг Солнца было сделано позднее из новых гравитационных уравнений. Теория успешно объяснила отклонение действительно происходящего движения Меркурия от движения, предписываемого законом Ньютона.

Но существует еще одно заключение, которое было сделано из общей теории относительности и сравнено с опытом. Мы уже видели, что ритм часов, помещенных на большой окружности вращающегося диска, отличен от ритма часов, помещенных на меньшем круге. Аналогично, из теории относительности следует, что ритм часов, помещенных на Солнце, отличался бы от ритма часов, помещенных на Земле, так как влияние поля тяготения гораздо сильнее на Солнце, чем на Земле.

Мы заметили на стр. 83, что натрий, когда он раскален, испускает однородный желтый свет определенной длины волны. В этом излучении атом обнаруживает один из своих ритмов; атом представляет собой, так сказать часы, а излученная длина волны — один из его ритмов. Согласно общей теории относительности длина волны света, излученного атомом натрия, скажем, помещенного на Солнце, должна быть несколько больше, чем длина волны света, излученного атомом натрия на нашей Земле.

Проблема проверки следствий общей теории относительности путем наблюдений сложна и точно никоим образом не решена. Поскольку мы интересуемся принципиальными идеями, мы не хотим входить в этот предмет глубже, а только устанавливаем, что пока приговор эксперимента, по-видимому, таков: подтвердить выводы, сделанные из общей теории относительности.

ПОЛЕ И ВЕЩЕСТВО

Мы видели, как и почему механистическая точка зрения потерпела крах. Невозможно было объяснить все явления, предполагая, что между неизменными частицами действуют простые силы. Первые попытки отойти от механистического взгляда и ввести понятия поля оказались наиболее успешными в области электромаг-

нитных явлений. Были сформулированы структурные законы для электромагнитного поля, — законы, связывающие события, смежные в пространстве и во времени. Эти законы соответствуют характеру специальной теории относительности, так как они инвариантны по отношению к преобразованиям Лоренца. Позднее общая теория относительности сформулировала законы тяготения. Они опять-таки являются структурными законами, описывающими поле тяготения между материальными частицами. Точно так же легко было обобщить уравнения Максвелла так, чтобы их можно было применить в любой системе координат, аналогично законам тяготения общей теории относительности.

Мы имеем две реальности: *вещество и поле*. Несомненно, что в настоящее время мы не можем представить себе всю физику построенной на понятии вещества, как это делали физики в начале девятнадцатого столетия. В настоящее время мы принимаем оба понятия. Можем ли мы считать вещество и поле двумя различными, несходными реальностями? Пусть дана маленькая частица вещества; мы могли бы наивно представить себе, что имеется определенная поверхность частицы, за пределами которой ее уже нет, а появляется ее поле тяготения. В нашей картине область, в которой справедливы законы поля, резко отделена от области, в которой находится вещество. Но что́ является физическим критерием, различающим вещество и поле? Раньше, когда мы не знали теории относительности, мы пытались бы ответить на этот вопрос следующим образом: вещество имеет массу, в то время как поле ее не имеет. Поле представляет энергию, вещество представляет массу. Но мы уже знаем, что такой ответ в свете новых знаний недостаточен. Из теории относительности мы знаем, что вещество представляет собою огромные запасы энергии, и что энергия представляет вещество. Мы не можем таким путем провести качественное различие между веществом и полем, так как различие между массой и энергией не качественное. Гораздо бо́льшая часть энергии сосредоточена в веществе, но поле, окружающее частицу, также представляет собой энергию, хотя и в несравненном меньшем количестве. Поэтому мы могли бы сказать: вещество — там, где концентрация энергии велика, поле — там, где концентрация энергии мала. Но если это так, то различие между веществом и полем скорее количественное, чем качественное. Нет смысла рассматривать вещество и поле как два качества, совершенно отличные друг от друга. Мы не можем представить себе определенную поверхность, ясно разделяющую поле и вещество.

Те же трудности вырастают для заряда и его поля. Кажется невозможным дать ясный качественный критерий для различения между веществом и полем или зарядом и полем.

Структурные законы, то есть законы Максвелла и гравитационные законы, нарушаются для очень большой концентрации энергии или, как мы можем сказать, они нарушаются там, где присутствуют источники поля, то есть электрические заряды или вещество. Но не можем ли мы слегка модифицировать наши уравнения так, чтобы они были справедливы всюду, даже в областях, где энергия колоссально сконцентрирована?

Мы не можем построить физику на основе только одного понятия — вещества. Но деление на вещество и поле, после признания эквивалентности массы и энергии, есть нечто искусственное и неясно определенное. Не можем ли мы отказаться от понятия вещества и построить чистую физику поля? То, что действует на наши чувства в виде вещества, есть на деле огромная концентрация энергии в сравнительно малом пространстве. Мы могли бы рассматривать вещество как такие области в пространстве, где поле чрезвычайно сильно. Таким путем можно было бы создать основы новой философии. Ее конечная цель состояла бы в объяснении всех событий в природе структурными законами, справедливыми всегда и всюду. С этой точки зрения брошенный камень есть изменяющееся поле, в котором состояния наибольшей интенсивности поля перемещаются в пространстве со скоростью камня. В нашей новой физике не было бы места и для поля, и для вещества, поскольку единственной реальностью было бы поле. Этот новый взгляд внушен огромными достижениями физики поля, успехом в выражении законов электричества, магнетизма, тяготения в форме структурных законов и, наконец, эквивалентностью массы и энергии. Нашей основной задачей было бы модифицировать законы поля таким образом, чтобы они не нарушались для областей, в которых энергия имеет колоссальную концентрацию.

Но до сих пор мы не имели успеха в последовательном и убедительном выполнении этой программы. Заключение о том, возможно ли ее выполнить — принадлежит будущему. В настоящее время во всех наших реальных теоретических построениях мы все еще должны допускать две реальности — поле и вещество.

Фундаментальные проблемы еще стоят перед нами. Мы знаем, что все вещество состоит лишь из частиц немногих видов. Как различные формы вещества построены из этих элементарных частиц? Как эти элементарные частицы взаимодействуют с полем? Поиски ответа на эти вопросы привели к новым идеям в физике, идеям *квантовой теории*.

Подведем итоги:

В физике появилось новое понятие, самое важное достижение со времени Ньютона: поле. Потребовалось большое научное воображение, чтобы уяснить себе, что не заряды и не частицы, а поле в пространстве между зарядами и частицами существенно для описания физических явлений. Понятие поля оказывается весьма удачным и приводит к формулированию уравнений Максвелла, описывающих структуру электромагнитного поля, управляющих электрическими, равно как и оптическими явлениями.

Теория относительности возникает из проблемы поля. Противоречия и непоследовательность старых теорий вынуждают нас приписывать новые свойства пространственно-времени му континууму, этой арене, на которой разыгрываются все события нашего физического мира.

Теория относительности развивается двумя этапами. Первый этап приводит к так называемой специальной теории относительности, применяемой только к инерциальным системам координат, т.е. к системам, в которых справедлив закон инерции, как он был сформулирован Ньютоном. Специальная теория относительности основывается на двух фундаментальных положениях: физические законы одинаковы во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга; скорость света всегда имеет одно и то же значение. Из этих положений, полностью подтвержденных экспериментом, выведены свойства движущихся стержней и часов, изменения их длины и ритма, зависящие от скорости. Теория относительности изменяет законы механики. Старые законы несправедливы, если скорость движущейся частицы приближается к скорости света. Новые законы движения тела, сформулированные теорией относительности, блестяще подтверждаются экспериментом. Дальнейшее следствие теории относительности (специальной) есть связь между массой и энергией. Масса — это энергия, а энергия имеет массу. Оба закона сохранения — закон сохранения массы и закон сохранения энергии — объединяются теорией относительности в один закон, в закон сохранения массы-энергии.

Общая теория относительности дает еще более глубокий анализ пространственно-временно́го континуума. Справедливость теории относительности больше не ограничивается инерциальными системами координат. Теория берется за проблему тяготения и формулирует

новые структурные законы для поля тяготения. Она заставляет нас проанализировать роль, которую играет геометрия в описании физического мира. Эквивалентность тяжелой и инертной масс она рассматривает как существенный, а не просто случайный факт, каким она была в классической механике. Экспериментальные следствия общей теории относительности лишь слегка отличаются от следствий классической механики. Они выдерживают экспериментальную проверку всюду, где возможно сравнение. Но сила теории заключается в ее внутренней согласованности и простоте ее основных положений.

Теория относительности подчеркивает важность понятия поля в физике. Но нам еще не удалось сформулировать чистую физику поля. В настоящее время мы должны еще предполагать существование и поля, и вещества.

ИСТОРИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ[1]

Возникновение квантовой теории связано с известным явлением, которое вовсе не принадлежит к центральным разделам атомной физики. Любой кусок вещества, будучи нагрет, начинает светиться и при повышении температуры становится красным, а затем— белым. Цвет почти не зависит от вещества и для черного тела определяется исключительно температурой. Поэтому излучение, производимое таким черным телом при высокой температуре, является интересным объектом для физического исследования. Поскольку речь идет о простом явлении, то для него должно быть дано и простое объяснение на основе известных законов излучения и теплоты. Попытка такого объяснения, предпринятая Рэлеем и Джинсом в конце XIX века, столкнулась с весьма серьезными затруднениями. К сожалению, эти трудности нельзя объяснить с помощью простых понятий. Вполне достаточно сказать, что последовательное применение известных в то время законов природы не привело к удовлетворительным результатам.

Когда научные занятия привели Планка в 1895 году в эту область исследований, он попытался на первый план выдвинуть не проблему излучения, а проблему излучающего атома. Хотя поворот в сторону излучающего атома и не устранил серьезных трудностей, однако благодаря этому стали проще их интерпретация и объяснение эмпирических результатов. Как раз в это время, летом 1990 года, Курльбаум и Рубенс произвели новые чрезвычайно точные измерения спектра теплового излучения. Когда Планк узнал об этих измерениях, он попытался выразить их с помощью несложных математических формул, которые на основании его исследований взаимосвязи теплоты и излучения представлялись ему правдоподобными. Однажды Планк и Рубенс встретились за чаем в доме Планка и сравнении эти результаты Рубенса с формулой, которую предложил Планк для объяснения результатов измерений Рубенса. Сравнение показало полное соответствие. Таким образом был открыт закон теплового излучения Планка.

[1] *Гейзенберг В.* Физика и философия // Физика и философия. Часть и целое. — М., 1989. — С. 9–18.

Для Планка это открытие было только началом интенсивных теоретических исследований. Стоял вопрос: какова правильная физическая интерпретация новой формулы? Так как Планк на основании своих более ранних работ легко мог истолковать эту формулу как утверждение об излучающем атоме (так называемом осцилляторе), он вскоре понял, что его формула имеет такой вид, как если бы осциллятор изменял свою энергию не непрерывно, а лишь отдельными квантами и если бы он мог находиться только в определенных состояниях или, как говорят физики, в дискретных состояниях энергии. Этот результат так отличался от всего, что знали в классической физике, что вначале Планк, по-видимому, отказывался в него верить. Но в период наиболее интенсивной работы, осенью 1900 года, он наконец пришел к убеждению, что уйти от этого вывода невозможно. Как утверждает сын Планка, его отец рассказывал ему, тогда еще ребенку, о своих новых идеях во время долгих прогулок по Грюневальду. Он объяснял, что чувствует — либо он сделал открытие первого ранга, быть может, сравнимое только с открытиями Ньютона, либо он полностью ошибается. В это же время Планку стало ясно, что его формула затрагивает самые основы описания природы, что эти основы претерпят серьезное изменение и изменят свою традиционную форму на совершенно неизвестную. Планк, будучи консервативным по своим взглядам, вовсе не был обрадован этими выводами. Однако в декабре 1900 года он опубликовал свою квантовую гипотезу.

Мысль о том, что энергия может испускаться и поглощаться лишь дискретными квантами энергии, была столь новой, что она выходила за традиционные рамки физики. Оказалась напрасной в существенных чертах попытка Планка примирить новую гипотезу со старыми представлениями об излучении. Прошло около пяти лет, прежде чем в этом направлении был сделан следующий шаг.

На этот раз именно молодой Альберт Эйнштейн, революционный гений среди физиков, не побоялся отойти еще дальше от старых понятий. Эйнштейн нашел две новые проблемы, в которых он успешно применил представления Планка. Первой проблемой была проблема фотоэлектрического эффекта: выбивание из металла электронов под действием света. Опыты, особенно точно произведенные Ленардом, показали, что энергия испускаемых электронов зависит не от интенсивности света, а только от цвета или, точнее говоря, от частоты, или длины волны света. На базе прежней тео-

рии излучения это объяснить было нельзя. Однако Эйнштейн объяснил данные наблюдений, опираясь на гипотезу Планка, которую он интерпретировал с помощью предположения, что свет состоит из так называемых световых квантов, то есть из квантов энергии, которые движутся в пространстве подобно маленьким корпускулам. Энергия отдельного светового кванта, в согласии с гипотезой Планка, должна равняться частоте света, помноженной на постоянную Планка.

Другой проблемой была проблема удельной теплоемкости твердых тел. Существовавшая теория удельной теплоемкости приводила к величинам, которые хорошо согласовывались с экспериментом в области высоких температур, но при низких температурах были много выше наблюдаемых величин. Эйнштейн снова сумел показать, что подобное поведение твердых тел можно понять благодаря квантовой гипотезе Планка, применяя ее к упругим колебаниям атомов в твердом теле. Эти два результата были большим шагом вперед на пути дальнейшего развития новой теории, в силу того что они обнаружили планковскую постоянную действия в различных областях, непосредственно не связанных с проблемой теплового излучения. Эти результаты выявили и глубоко революционный характер новой гипотезы, ибо трактовка Эйнштейном квантовой теории привела к такому объяснению природы света, которое полностью отличалось от привычного со времени Гюйгенса объяснения на основе волнового представления. Следовательно, свет может быть объяснен или как распространение электромагнитных волн — факт, который принимали на основе работ Максвелла и опытов Герца,— или как нечто, состоящее из отдельных «световых квантов», или «энергетических пакетов», которые с большой скоростью движутся в пространстве. А может ли свет быть и тем и другим? Эйнштейн, конечно, знал, что известные опыты по дифракции и интерференции могут быть объяснены только на основе волновых представлений. Он также не мог оспаривать наличие полного противоречия между своей гипотезой световых квантов и волновыми представлениями. Эйнштейн даже не пытался устранить внутренние противоречия своей интерпретации. Он принял противоречия как нечто такое, что, вероятно, может быть понято много позднее благодаря совершенно новому методу мышления.

Тем временем эксперименты Беккереля, Кюри и Резерфорда привели к несколько большей ясности в отношении строения атома. В 1911 году Резерфорд на основании наблюдений прохождения α-лучей через вещество предложил свою знаменитую модель атома. Атом состоит из атомного ядра, положительно заряженного и содержащего почти всю массу атома, и электронов, которые движутся вокруг ядра, подобно тому как планеты движутся вокруг Солнца. Химическая связь между атомами различных элементов объясняется взаимодействием между внешними электронами соседних атомов. Химическая связь непосредственно не имеет отношения к ядру. Атомное ядро определяет химические свойства атома лишь косвенно через свой электрический заряд, так как последний определяет число электронов в нейтральном атоме. Эта модель, правда, не могла объяснить одну из самых характерных черт атома, а именно его удивительную устойчивость. Никакая планетная система, которая подчиняется законам механики Ньютона, никогда после столкновения с другой подобной системой не возвратится в свое исходное состояние. В то время как, например, атом углерода остается атомом углерода и после столкновения с другими атомами или после того, как он, вступив во взаимодействие с другими атомами, образовал химическое соединение.

Объяснение этой необычной устойчивости было дано в 1913 году Нильсом Бором путем применения квантовой гипотезы Планка к модели атома Резерфорда. Если атом может изменять свою энергию только прерывно, то это должно означать, что атом существует лишь в дискретных стационарных состояниях, низшее из которых есть нормальное состояние атома. Поэтому после любого взаимодействия атом в конечном счете всегда возвращается в это нормальное состояние.

Бор, применяя квантовую теорию к модели атома, сумел не только объяснить устойчивость атома, но в некоторых простых случаях сумел также дать теоретическое объяснение линейных спектров, образующихся при возбуждении атомов посредством электрического разряда или теплоты. Его теория при описании движения электронов покоилась на соединении классической механики и квантовых условий, которые налагаются на классические законы движения для выделения дискретных стационарных состояний среди других состояний. Позднее Зоммерфельд дал точную математическую формулировку этих условий. Бору было ясно, что квантовые условия в известном смысле разрушают внутреннюю прочность ньютоновской механики. В простейшем случае атома водорода на основании теории Бора можно рассчитать частоту излучаемого света, и согласие теоретических расчетов с наблюдениями оказывалось полным. В действительности эти частоты отличались от орбитальных частот электронов и высших гармоник этих частот, и это обстоятельство сразу показало, что теория еще полна противоречий. Несмотря на это, она, по всей вероятности, содержала

большую долю истины. Она качественно объяснила химические свойства атомов и их линейные спектры. Существование дискретных стационарных состояний было непосредственно подтверждено и опытами: в экспериментах Франка и Герца, Штерна и Герлаха.

Таким образом, теория Бора открыла новую область исследований. Большое количество экспериментального материала, полученного спектроскопией в течение нескольких десятилетий, теперь при изучении квантовых законов движения электронов стало источником информации. Для той же самой цели могли быть использованы многие эксперименты химиков. Имея дело с этим экспериментальным материалом, физики постепенно научились ставить правильные вопросы. А ведь часть[1] правильно поставленный вопрос означает больше чем наполовину решение проблемы. Каковы эти вопросы? Практически почти все они имели дело с явными и удивительными противоречиями в результатах различных опытов. Как может быть, что одно и то же излучение, которое образует интерференционную картину и доказывает тем самым существование лежащего в основе волнового движения, производит одновременно и фотоэлектрический эффект и потому должно состоять из движущихся световых квантов? Как может быть, что частота орбитального движения электронов в атоме не является также и частотой испускаемого излучения? Разве не означает это, что нет никакого орбитального движения? Но если представление об орбитальном движении неверно, то что в таком случае происходит с электроном внутри атома? Можно видеть те электроны, которые движутся в камере Вильсона; некоторые из них до этого являлись составной частью атома и были выбиты из атома. Почему, следовательно, внутри атома они не двигаются таким же образом? Можно было бы, пожалуй, представить себе, что в нормальном состоянии атома электроны покоятся. Но ведь имеются состояния с более высокими энергиями, в которых электроны обладают вращательным моментом, и поэтому в этих состояниях абсолютно исключено состояние покоя электронов. Можно перечислить много подобных примеров. Все отчетливее стали понимать, что попытка описать атомные процессы в понятиях обычной физики приводит к противоречиям. К началу 20-х годов физики постепенно освоились с этими трудностями. У них выработалась своего рода интуиция, правда не очень ясная, в отношении того, где, по всей вероятности, будут иметь место затруднения, и они научились избегать эти затруднения. Наконец, они узнали, какое в данном опыте описание атомных процессов приведет к правильному результату. Этого знания было недостаточно для того, чтобы дать общую непротиворечивую картину квантовых процессов, но оно так изменило мышление физиков, что они в некоторой степени прониклись духом квантовой теории.

[1] В оригинале допущена опечатка: вместо слова "часть" следует читать "часто". — *Прим. ред.*

Уже в течение некоторого времени до того, как была дана строгая формулировка квантовой теории, знали более или менее точно, каков будет результат того или иного эксперимента.

Часто обсуждали так называемые «мысленные эксперименты». Такие эксперименты изобретали для того, чтобы выяснить какой-либо особенно важный вопрос, вне зависимости от того, может ли быть проведен фактически этот эксперимент или нет. Конечно, важно было, чтобы эксперимент мог быть осуществим в принципе — при этом экспериментальная техника могла быть любой сложности. Эти мысленные эксперименты оказались чрезвычайно полезными при выяснении некоторых проблем. Там, где в отношении вероятного результата такого эксперимента невозможно было добиться согласия между физиками, часто удавалось придумать подобный, но более простой эксперимент, который фактически можно было выполнить; экспериментальный результат значительно содействовал разъяснению квантовой теории.

Удивительнейшим событием тех лет был тот факт, что по мере этого разъяснения парадоксы квантовой теории не исчезали, а, наоборот, выступали во все более явной форме и приобретали все большую остроту. Например, в то время был произведен опыт Комптона по рассеянию рентгеновских лучей. На основании прежних опытов по интерференции рассеянного света было совершенно очевидным, что рассеяние происходит в основном следующим образом: падающая световая волна выбивает из пучка электрон, колеблющийся с той же самой частотой; зачем колеблющийся электрон испускает сферическую волну с частотой падающей волны и вызывает тем самым рассеянный свет. Однако в 1923 году Комптон обнаружил, что частота рассеянных рентгеновских лучей отличается от частоты падающих лучей. Это изменение частоты можно объяснить, предполагая, что рассеяние представляет собой столкновение кванта света с электроном. При ударе энергия светового кванта изменяется, а так как произведение частоты на постоянную Планка равняется энергии кванта света, частота также должна из-

мениться. Но как в этом случае объяснить световые волны? Оба эксперимента— один по интерференции рассеянного света, другой по изменению частоты рассеянного света— настолько противоречат друг другу, что, по-видимому, выход найти невозможно.

В это время многие физики были уже убеждены в том, что эти явные противоречия принадлежат к внутренней природе атомной физики. Поэтому де Бройль во Франции в 1924 году попытался распространить дуализм волнового и корпускулярного описания и на элементарные частицы материи, в частности на электроны. Он показал, что движению электрона может соответствовать некоторая волна материи, так же как движению светового кванта соответствует световая волна. Конечно, в то время не было ясно, что означает в этой связи слово «соответствовать». Де Бройль предложил объяснить условия квантовой теории Бора с помощью представления о волнах материи. Волна, движущаяся вокруг ядра атома, по геометрическим соображениям может быть только стационарной волной; длина орбиты должна быть кратной целому числу длин волн. Тем самым де Бройль предложил перекинуть мост от квантовых условий, которые оставались чуждым элементом в механике электронов, к дуализму волн и частиц.

Таким образом, в теории Бора различие между вычисленной орбитальной частотой электрона и частотой излучения показывало ограниченность понятия «электронная орбита». Ведь с самого начала это понятие вызывало большие сомнения. С другой стороны, в случае сильно возбужденных состояний, в которых электроны двигаются на большом расстоянии от ядра, нужно согласиться с тем, что электроны двигаются так же, как они двигаются, когда их видят в камере Вильсона. Следовательно, в этом случае можно употреблять понятие «электронная орбита». В силу этого представляется весьма удовлетворительным тот факт, что именно для сильно возбужденных состояний частота излучения приближается к орбитальной частоте (точнее говоря, к орбитальной частоте и высшим гармоническим составляющим этой частоты). Бор уже в одной из своих первых работ утверждал, что интенсивность спектральных линий излучения приблизительно должна согласовываться с интенсивностью соответствующих гармонических составляющих. Этот так называемый принцип соответствия оказался весьма полезным для приближенного расчета интенсивности спектральных линий. Таким образом, создалось впечатление, что теория Бора дает качественную, а не количественную картину того, что происходит внутри атома, и что по меньшей мере некоторые но-

вые черты в поведении материи качественно могут быть выражены с помощью квантовых условий, которые со своей стороны как-то связаны с дуализмом волн и частиц.

Точная математическая формулировка квантовой теории сложилась в конечном счете в процессе развития двух различных направлений. Одно направление было связано с принципом соответствия Бора. На этом направлении нужно было прежде всего отказаться от понятия «электронная орбита» и использовать его лишь приближенно в предельном случае больших квантовых чисел, то есть больших орбит. В этом последнем случае частота и интенсивность излучения некоторым образом соответствуют электронной орбите. Излучение соответствует тому, что математики называют «фурье-представлением» орбиты электрона. Таким образом, вполне логична мысль, что механические законы следует записывать не как уравнения для координат и скоростей электронов, а как уравнения для частот и амплитуд их разложения Фурье. Исходя из таких представлений, возникает возможность перейти к математически представленным отношениям для величин, которые соответствуют частоте и интенсивности излучения. Эта программа действительно могла быть осуществлена. Летом 1925 года она привела к математическому формализму, который был назван «матричной механикой», или, вообще говоря, квантовой механикой. Уравнения движения механики Ньютона были заменены подобными уравнениями для линейных алгебраических форм, которые в математике называются матрицами. Весьма удивительно, что многие из старых результатов механики Ньютона, как, например, сохранение энергии, остались и в новом формализме. Позднее исследования Борна, Йордана и Дирака показали, что матрицы, представляющие координаты и импульс электрона, не коммутируют друг с другом. На языке математики этот факт указывал на самое сильное из существенных различий между квантовой механикой и классической механикой.

Другое направление исходило из идей де Бройля о волнах материи. Шредингер попытался записать волновое уравнение для стационарных волн де Бройля, окружающих атомное ядро. В начале 1926 года ему удалось вывести значения энергии для стационарных состояний атома водорода в качестве собственных значений своего волнового уравнения, и он сумел дать общее правило преобразования данных классических уравнений в соответствующие волновые уравнения, которые, правда, относятся к некоторому абстрактно-

му математическому пространству, именно многомерному конфигурационному пространству. Позднее он показал, что его волновая механика математически эквивалентна более раннему формализму квантовой или матричной механики. Таким образом, мы получили наконец непротиворечивый математический формализм, который можно выразить двумя равноправными способами: или с помощью матричных соотношений, или с помощью волновых уравнений. Этот математический формализм дал верные значения энергии для атома водорода. Понадобилось меньше года, чтобы обнаружить, что верные результаты получаются и для атома гелия и в более сложном случае — для тяжелых атомов. Однако собственно в каком смысле новый формализм описывает атомные явления? Ведь парадоксы корпускулярной и волновой картины еще не были решены, они только содержались в скрытом виде в математической схеме.

В направлении действительного понимания квантовой теории первый и очень интересный шаг уже в 1924 году был сделан Бором, Крамерсом и Слэтером. Они попытались устранить кажущееся противоречие между волновой и корпускулярной картинами с помощью понятия волны вероятности. Электромагнитные световые волны толковались не как реальные волны, а как волны вероятности, интенсивность которых в каждой точке определяет, с какой вероятностью в данном месте может излучаться и поглощаться атомом квант света. Это представление вело к заключению, что, по-видимому, законы сохранения энергии и динамических переменных в каждом отдельном случае могут не выполняться и речь идет, следовательно, о статистических законах; так что энергия сохраняется только в статистическом среднем. В действительности этот вывод был неверен, а взаимосвязь волновой и корпускулярной картин излучения позднее оказалась еще более сложной.

Однако работа Бора, Крамера и Слэтера содержала уже существенную черту верной интерпретации квантовой теории. С введением волны вероятности в теоретическую физику было введено совершенно новое понятие. В математике или статистической механике волна вероятности означает суждение о степени нашего знания фактической ситуации. Бросая кость, мы не можем проследить детали движения руки, определяющие выпадение кости, и поэтому говорим, что вероятность выпадения отдельного номера равно одной шестой, поскольку кость имеет шесть граней. Но волна вероятности, по Бору, Крамеру и Слэтеру, была чем-то гораз-

до большим. Она означала нечто подобное стремлению к определенному протеканию событий. Она означала количественное выражение старого понятия «потенция» аристотелевской философии. Она ввела странный вид физической реальности, который находится приблизительно посредине между возможностью и действительностью.

Позднее, когда было закончено математическое оформление квантовой теории, Борн использовал эту идею волны вероятности и дал на языке формализма ясное определение математической величины, которую можно интерпретировать как волну вероятности. Волна вероятности являлась не трехмерной волной типа радиоволн или упругих волн, а волной в многомерном конфигурационном пространстве. Эта абстрактная математическая величина стала известной благодаря исследованиям Шредингера.

Даже в это время, летом 1926 года, еще не в каждом случае было ясно, как следует использовать математический формализм, чтобы дать описание данной экспериментальной ситуации. Правда, тогда уже знали, как описывать стационарные состояния, но не было еще известно, как объяснить гораздо более простые явления, например движение электрона в камере Вильсона.

Когда летом 1926 года Шредингер показал, что формализм его волновой механики математически эквивалентен квантовой механике, он в течение некоторого времени совсем отказывался от представления о квантах и квантовых скачках и пытался заменить электроны в атоме трехмерными волнами материи. Поводом к такой попытке было то, что, по его теории, уровни энергии атома водорода являются собственными частотами некоторых стационарных волн. Поэтому Шредингер полагал, что будет ошибкой считать их значениями энергии; они являются частотами, а вовсе не энергией; однако во время дискуссии, которая происходила в Копенгагене осенью 1926 года между Бором и Шредингером и копенгагенской группой физиков, стало очевидным, что такая интерпретация недостаточна даже для объяснения планковского закона теплового излучения.

В течение нескольких месяцев, последовавших за этой дискуссией, интенсивное изучение в Копенгагене всех вопросов, связанных с интерпретацией квантовой теории, привело наконец к законченному и, как считают многие физики, удовлетворительному объяснению всей ситуации. Однако оно не было тем объяснением, которое можно было легко принять. Я вспоминаю многие дис-

куссии с Бором, длившиеся до ночи и приводившие нас почти в отчаяние. И когда я после таких обсуждений предпринимал прогулку в соседний парк, передо мною снова и снова возникал вопрос, действительно ли природа может быть такой абсурдной, какой она предстает перед нами в этих атомных экспериментах.

Окончательное решение пришло с двух сторон. Один из путей сводился к переформулировке вопроса. Вместо того чтобы спрашивать, как можно данную экспериментальную ситуацию описывать с помощью известной математической схемы, ставится другой вопрос: верно ли, что в природе встречается только такая экспериментальная ситуация, которая выражается в математическом формализме квантовой теории? Предположение, что это верная постановка вопроса, вело к ограничению применения понятий, со времени Ньютона составлявших основу классической физики. Правда, можно было говорить, как в механике Ньютона, о координате и скорости электрона. Эти величины можно и наблюдать и измерять. Но нельзя обе эти величины одновременно измерять с любой точностью. Оказалось, что произведение этих обеих неопределенностей не может быть меньше постоянной Планка (деленной на массу частицы, о которой в данном случае шла речь).

Подобные соотношения могут быть сформулированы для других экспериментальных ситуаций. Они называются соотношением неточностей или принципом неопределенности. Тем самым было установлено, что старые понятия не совсем точно удовлетворяют природе.

Другой путь был связан с понятием дополнительности Бора. Шредингер описывал атом как систему, которая состоит не из ядра и электронов, а из атомного ядра и материальных волн.

Несомненно, эта картина волн материи также содержит долю истины. Бор рассматривал обе картины — корпускулярную и волновую — как два дополнительных описания одной и той же реальности. Каждое из этих описаний может быть верным только отчасти. Нужно указать границы применения корпускулярной картины, так же как и применения волновой картины, ибо иначе нельзя избежать противоречий. Но если принять во внимание границы, обусловленные соотношением неопределенностей, то противоречия исчезают.

Таким образом, в начале 1927 года пришли наконец к непротиворечивой интерпретации квантовой теории, которую часто называют копенгагенской интерпретацией. Эта интерпретация выдержала испытание на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе осенью 1927 года. Те эксперименты, которые вели к досадным парадоксам, вновь дискутировались во всех подробностях, особенно Эйнштейном. Были найдены новые мысленные эксперименты с целью обнаружить оставшиеся внутренние противоречия теории, однако теория оказалась свободной от них и, по-видимому, удовлетворяла всем экспериментам, которые были известны к тому времени.

Детали этой копенгагенской интерпретации составляют предмет следующей главы. Быть может, следует указать на тот факт, что потребовалось более четверти века на то, чтобы продвинуться от гипотезы Планка о существовании кванта действия до действительного понимания законов квантовой теории. Отсюда понятно, как велики должны быть изменения в наших основных представлениях о реальности, для того чтобы можно было окончательно понять новую ситуацию.

ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

НОВЫЙ ДИАЛОГ ЧЕЛОВЕКА С ПРИРОДОЙ[1]

Наше видение природы претерпевает радикальные изменения в сторону множественности, темпоральности и сложности. Долгое время в западной науке доминировала механистическая картина мироздания. Ныне мы сознаем, что живем в плюралистическом мире. Существуют явления, которые представляются нам детерминированными и обратимыми. Таковы, например, движения маятника без трения или Земля вокруг Солнца. Но существуют также и необратимые процессы, которые как бы несут в себе стрелу времени. Например, если слить две такие жидкости, как спирт и вода, то из опыта известно, что со временем они перемешаются. Обратный процесс — спонтанное разделение смеси на чистую воду и чистый спирт — никогда не наблюдается. Следовательно, перемешивание спирта и воды— необратимый процесс. Вся химия, по существу, представляет собой нескончаемый перечень таких необратимых процессов.

Ясно, что, помимо детерминированных процессов, некоторые фундаментальные явления, такие, например, как биологическая эволюция или эволюция человеческих культур, должны содержать некий вероятностный элемент. Даже ученый, глубоко убежденный в правильности детерминистических описаний, вряд ли осмелится утверждать, что в момент Большого взрыва, т.е. возникновения известной нам Вселенной, дата выхода в свет нашей книги была начертана на скрижалях законов природы. Классическая физика рассматривала фундаментальные процессы как детерминированные и обратимые: Процессы, связанные со случайностью или

[1] *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. — М., 1986. — С. 34–39.

необратимостью, считались досадными исключениями из общего правила. Ныне мы видим, сколь важную роль играют повсюду необратимые процессы и флуктуации.

Хотя западная наука послужила стимулом к необычайно плодотворному диалогу между человеком и природой, некоторые из последствий влияния естественных наук на общечеловеческую культуру далеко не всегда носили позитивный характер. Например, противопоставление «двух культур» в значительной мере обусловлено конфликтом между вневременным подходом классической науки и ориентированным во времени подходом, доминировавшим в подавляющем большинстве социальных и гуманитарных наук. Но за последние десятилетия в естествознании произошли разительные перемены, столь же неожиданные, как рождение геометрии или грандиозная картина мироздания, нарисованная в «Математических началах натуральной философии» Ньютона. Мы все глубже осознаем, что на всех уровнях — от элементарных частиц до космологии — случайность и необратимость играют важную роль, значение которой возрастает по мере расширения наших знаний. *Наука вновь открывает для себя время.* Описанию этой концептуальной революции и посвящена наша книга.

Революция, о которой идет речь, происходит на всех уровнях: на уровне элементарных частиц, в космологии, на уровне так называемой макроскопической физики, охватывающей физику и химию атомов или молекул, рассматриваемых либо индивидуально, либо глобально, как это делается, например, при изучении жидкостей или газов. Возможно, что именно на макроскопическом уровне концептуальный переворот в естествознании прослеживается наиболее отчетливо. Классическая динамика и современная химия переживают в настоящее время период коренных перемен. Если бы несколько лет назад мы спросили физика, какие явления позволяет объяснить его наука и какие проблемы остаются открытыми, он, вероятно, ответил бы, что мы еще не достигли адекватного понимания элементарных частиц или космологической эволюции, но располагаем вполне удовлетворительными знаниями о процессах, протекающих в масштабах, промежуточных между субмикроскопическим и космологическим уровнями. Ныне меньшинство исследователей, к которому принадлежат авторы этой книги и которое с каждым днем все возрастает, не разделяют подобного оптимизма: мы лишь начинаем понимать уровень природы, на котором живем, и именно этому уровню в нашей книге уделено основное внимание.

Для правильной оценки происходящего ныне концептуального перевооружения физики необходимо рассмотреть этот процесс в надлежащей исторической перспективе. История науки — отнюдь не линейная развертка серии последовательных приближений к некоторой глубокой истине. История науки изобилует противоречиями, неожиданными поворотами. Значительную часть нашей книги мы посвятили схеме исторического развития западной науки, начиная с Ньютона, т.е. с событий трехсотлетней давности. Историю науки мы стремились вписать в историю мысли, с тем чтобы интегрировать ее с эволюцией западной культуры на протяжении последних трех столетий. Только так мы можем по достоинству оценить неповторимость того момента, в который нам выпало жить.

В доставшемся нам научном наследии имеются два фундаментальных вопроса, на которые нашим предшественникам не удалось найти ответ. Один из них — вопрос об отношении хаоса и порядка. Знаменитый закон возрастания энтропии описывает мир как непрестанно эволюционирующий от порядка к хаосу. Вместе с тем, как показывает биологическая или социальная эволюция, сложное возникает из простого. Как такое может быть? Каким образом из хаоса может возникнуть структура? В ответе на этот вопрос ныне удалось продвинуться довольно далеко. Теперь нам известно, что неравновесность — поток вещества или энергии — может быть источником порядка.

Но существует и другой, еще более фундаментальный вопрос. Классическая или квантовая физика описывает мир как обратимый, статичный. В их описании нет места эволюции ни к порядку, ни к хаосу. Информация, извлекаемая из динамики, остается постоянной во времени. Налицо явное противоречие между статической картиной динамики и эволюционной парадигмой термодинамики. Что такое необратимость? Что такое энтропия? Вряд ли найдутся другие вопросы, которые бы столь часто обсуждались в ходе развития науки. Лишь теперь мы начинаем достигать той степени понимания и того уровня знаний, которые позволяют в той или иной мере ответить на эти вопросы. Порядок и хаос — сложные понятия. Единицы, используемые в статическом описании, которое дает динамика, отличаются от единиц, которые понадобились для создания эволюционной парадигмы, выражаемой ростом энтропии. Переход от одних единиц к другим приводит к новому понятию материи. Материя становится «активной»: она порождает необратимые процессы, а необратимые процессы организуют материю.

По традиции, естественные науки имеют дело с общеутвердительными и общеотрицательными суждениями, а гуманитарные науки — с частноутвердительными или частноотрицательными суждениями. Конвергенция естественных и гуманитарных наук нашла свое отражение в названии французского варианта нашей книги «La Nouvelle Alliance» («Новый альянс»), выпущенный в 1979 г. в Париже издательством Галлимар. Однако нам не удалось найти подходящего английского эквивалента этого названия. Кроме того, текст английского варианта отличается от французского издания (особенно значительны расхождения в гл. 7–9). Хотя возникновение структур в результате неравновесных процессов было вполне адекватно изложено во французском издании (и последовавших затем переводах на другие языки), нам пришлось почти полностью написать заново третью часть, в которой речь идет о результатах наших последних исследований, о корнях понятия времени и формулировке эволюционной парадигмы в рамках естественных наук.

Мы рассказываем о событиях недавнего прошлого. Концептуальное перевооружение физики еще далеко от своего завершения. Тем не менее мы считаем необходимым изложить ситуацию такой, как она представляется нам сейчас. Мы испытываем душевный подъем, ибо начинаем различать путь, ведущий от того, что уже стало, явилось, к тому, что еще только становится, возникает. Один из нас посвятил изучению проблемы такого перехода большую часть своей научной жизни и, выражая удовлетворение и радость по поводу эстетической привлекательности полученных результатов, надеется, что читатель поймет его чувства и разделит их. Слишком затянулся конфликт между тем, что считалось вечным, вневременным, и тем, что разворачивалось во времени. Мы знаем теперь, что существует более тонкая форма реальности, объемлющая и время, и вечность.

Наша книга является итогом коллективных усилий, в который внесли свой вклад многие коллеги и друзья. К сожалению, мы не можем поблагодарить каждого из них в отдельности. Вместе с тем нам хотелось бы особенно подчеркнуть нашу признательность Эриху Янчу, Аарону Качальскому, Пьеру Ресибуа и Леону Розенфельду, которых уже нет с нами. Свою книгу мы решили посвятить их памяти.

Мы хотим также поблагодарить за постоянную поддержку такие организации, как Международный институт физики и химии (Institut Internationaux de Physique et de Chimie), основанный Э. Сольве, и Фонд Роберта А. Уелча.

Человечество переживает переходный период. В момент демографического взрыва наука должна, по-видимому, играть важную роль. Необходимо поэтому с большим вниманием, чем когда-либо, следить за тем, чтобы каналы связи между наукой и обществом оставались открытыми. Современное развитие западной науки вырвало ее из культурной среды XVII в., в которой зародилась наша наука. Мы глубоко убеждены в том, что современная наука представляет собой универсальное послание, содержание которого более приемлемо для других культурных традиций.

За последние десятилетия книги Олвина Тоффлера сыграли важную роль, обратив внимание широких кругов общественности на некоторые особенности «третьей волны», характеризующей наше время. Мы весьма признательны Э. Тоффлеру за то, что он любезно согласился написать предисловие к английскому варианту нашей книги. Английский — не наш родной язык. Мы считаем, что каждый язык позволяет по-своему, несколько иначе, чем другие, описывать объемлющую нас реальность.

Некоторые из специфических особенностей языка оригинала сохраняются даже при самом тщательном переводе. Мы весьма признательны Джозефу Эрли, Яну Макгилврею, Кэрол Терстон и особенно Карлу Рубино за помощь при подготовке английского варианта нашей книги. Мы хотели бы также выразить нашу глубокую благодарность Памеле Пейп, тщательно перепечатавшей несколько последовательных приближений к окончательному варианту текста книги «Порядок из хаоса».

ВВЕДЕНИЕ[1]

Эта книга представляет итог более чем десятилетних исследований, предпринятых совместно с д-ром Артуро Розенблютом, работавшим тогда в Гарвардской медицинской школе, а ныне перешедшим в Национальный институт кардиологии в Мексике. В то время д-р Розенблют, коллега и сотрудник покойного д-ра Уолтера Б. Кеннона, ежемесячно устраивал дискуссии о научном методе. В этих дискуссиях участвовали главным образом молодые ученые Гарвардской медицинской школы. Мы собирались на обед за круглым столом в Вандербилт-Холле. Беседа была живой и непринужденной. Здесь было неподходящее место для игры в амбицию, да это и не поощрялось. После обеда кто-нибудь из нашей группы или из гостей делал доклад на какую-либо научную тему, причем обычно в этих докладах вопросы методологии ставились на первое или хотя бы на почетное место. На докладчика обрушивалась резкая критика, благожелательная, но беспощадная. Она была великолепным лекарством от незрелых мыслей, недостаточной самокритичности, излишней самоуверенности и напыщенности. Кто не мог выдержать испытание, не возвращался в нашу среду; но многие из нас, бывших завсегдатаев этих встреч, чувствуют, что эти встречи были постоянным существенным вкладом в наше научное развитие.

На этих собраниях присутствовали не только врачи и ученые-медики. К постоянным и активным участникам наших споров принадлежал д-р Мануэль Сандоваль Вальярта, профессор физики Массачусетского технологического института, один из самых первых моих студентов в те годы, когда я пришел в МТИ после I мировой войны. Как и д-р Розенблют, д-р Вальярта был мексиканец. Он имел обыкновение приводить на эти встречи своих коллег по институту. На одну из встреч он привел и меня; так я встретил-

[1] *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. — М., 1968. — С. 43–79.

ся впервые с д-ром Розенблютом. Я давно интересовался методологией науки и в 1911–1913 гг. принимал участие в семинаре по этим вопросам, который вел Джосайя Ройс в Гарвардском университете. Чувствовалось, что на подобных собраниях необходимо присутствие человека, способного критически рассматривать математические вопросы. Поэтому я был активным членом группы с того момента, пока д-р Розенблют не был вызван в Мексику в 1944 г. и пока общий беспорядок, связанный с войной, не положил конец этим собраниям.

В течение многих лет д-р Розенблют разделял со мной убеждение, что самыми плодотворными для развития наук являются области, оставленные в пренебрежении по той причине, что они были «ничьей территорией» между различными сложившимися науками. После Лейбница, быть может, уже не было человека, который бы полностью обнимал всю интеллектуальную жизнь своего времени. С той поры наука становится все более делом специалистов, области компетенции которых обнаруживают тенденцию ко все большему сужению. Сто лет тому назад хотя и не было таких ученых, как Лейбниц, но были такие, как Гаусс, Фарадей, Дарвин.

В настоящее же время лишь немногие ученые могут назвать себя математиками, или физиками, или биологами, не прибавляя к этому дальнейшего ограничения. Ученый становится теперь топологом, или акустиком, или специалистом по жестококрылым. Он набит жаргоном своей специальной дисциплины и знает всю литературу по ней и все ее подразделы. Но всякий вопрос, сколько-нибудь выходящий на эти узкие пределы, такой ученый чаще всего будет рассматривать как нечто, относящееся к коллеге, который работает через три комнаты дальше по коридору. Более того, всякий интерес со своей стороны к подобному вопросу он будет считать совершенно непозволительным нарушением чужой тайны.

Специализация дисциплин все время возрастает и захватывает все новые области. В результате создается ситуация, похожая на ту, которая возникла, когда в Орегоне одновременно находились и поселенцы из Соединенных Штатов, и англичане, и мексиканцы, и русские, — сложный и запутанный клубок открытый, названий и законов. Ниже мы увидим, что существуют области научной работы, исследуемые с разных сторон чистой математикой, статистикой, электротехникой и нейрофизиологией. В этих областях каждое понятие получает особое название у каждой группы специалистов и многие важные исследования проделывают трижды или четырежды. В то же время другие важные исследования

задерживаются из-за того, что в одной области не известны результаты, уже давно ставшие классическими в смежной области.

Именно такие пограничные области науки открывают перед надлежаще подготовленным исследователем богатейшие возможности. Но изучение таких областей представляет и наибольшие трудности для обычного метода массового наступления с разделением труда.

Если трудность физиологической проблемы по существу математическая, то десять не сведущих в математике физиологов сделают не больше, чем один не сведущий в математике физиолог. Очевидно также, что если физиолог, не знающий математики, работает вместе с математиком, не знающим физиологии, то физиолог не в состоянии изложить проблему в выражениях, понятных математику; математик, в свою очередь, не сможет дать совет в понятной для физиолога форме.

Д-р Розенблют всегда настойчиво утверждал, что действенное изучение этих белых пятен на карте науки может быть предпринято только коллективом ученых, каждый из которых, будучи специалистом в своей области, должен быть, однако, основательно знаком с областями науки своих коллег. При этом необходимо, чтобы все привыкли работать совместно, зная склад ума другого, оценивая значение новых идей коллеги прежде, чем эти идеи будут точно сформулированы. От математика не требуется умения провести физиологический эксперимент, но он должен уметь понимать такой эксперимент, уметь подвергнуть его критике и уметь предложить новый эксперимент. От физиолога не требуется умения доказать определенную математическую теорему, но физиолог должен быть в состоянии понять ее значение для физиологии и указать математику направление поисков. В течение многих лет мы мечтали об обществе независимых ученых, работающих вместе в одной из этих неисследованных областей науки, и не под началом какого-нибудь высокопоставленного администратора, а объединенных желанием, даже духовной необходимостью, понимать науку как нечто целое и передавать друг другу силу такого понимания.

Мы пришли к согласию по этим вопросам задолго до того, как выбрали область наших совместных исследований и наметили, какое каждый примет в них участие. На наш выбор существенно повлияла война. Я давно знал, что в случае войны мое участие в ней определялось бы в значительной степени двумя обстоятельствами: моим тесным контактом с программой создания вычислительных машин, проводимой д-ром Ванневаром Бушем, и моей совмест-

ной работой с д-ром Юк Винг Ли по синтезу электрических схем. Действительно, оба обстоятельства сыграли значительную роль. Летом 1940 г. я стал уделять много внимания разработке вычислительных машин для решения дифференциальных уравнений в частных производных. Я давно интересовался этим, и у меня сложилось убеждение, что здесь, в отличие от обыкновенных дифференциальных уравнений, так хорошо решавшихся на дифференциальном анализаторе д-ра Буша, главной является проблема представления функций многих переменных. Я был убежден также, что процесс развертки, применяемый в телевидении, дает ответ на этот вопрос и что в действительности телевидение принесет технике больше пользы именно созданием таких новых процессов, чем само по себе, как особая отрасль.

Было ясно, что всякий процесс развертки должен значительно увеличить количество используемых данных по сравнению с тем, которое встречается в задачах, сводимых к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Поэтому для получения приемлемых результатов в приемлемое время необходимо довести до максимума скорость элементарных процессов и добиться, чтобы течение этих процессов не прерывалось существенно более медленными шагами. Необходимо также повысить точность выполнения элементарных процессов настолько, чтобы их частое повторение не приводило к накоплению слишком большой ошибки. В результате были сформулированы следующие требования:

1) Центральные суммирующие и множительные устройства должны быть цифровыми, как в обычном арифмометре, а не основываться на измерении, как в дифференциальном анализаторе Буша.

2) Эти устройства, являющиеся по существу переключателями, должны состоять из электронных ламп, а не из зубчатых передач или электромеханических реле. Это необходимо, чтобы обеспечить достаточное быстродействие.

3) В соответствии с принципами, принятыми для ряда существующих машин Белловских телефонных лабораторий, должна использоваться более экономичная двоичная, а не десятичная система счисления.

4) Последовательность действий должна планироваться самой машиной так, чтобы человек не вмешивался в процесс решения задачи с момента введения исходных данных до снятия окончательных результатов. Все логические операции, необходимые для этого, должна выполнять сама машина.

5) Машина должна содержать устройство для запасания данных. Это устройство должно быстро их записывать, надежно хранить до

стирания, быстро считывать, быстро стирать их и немедленно подготавливаться к запасанию нового материала.

Эти рекомендации вместе с предложениями по их реализации были направлены д-ру Ванневару Бушу для возможного применения их в случае войны. На той стадии подготовки к войне казалось, что они не столь важны, чтобы приступить к немедленной работе над ними. Тем не менее все эти рекомендации представляют собой идеи, положенные в основу современной сверхбыстрой вычислительной машины. Эти мысли почти носились тогда в воздухе, и я не хочу в данный момент заявлять какие-либо претензии на исключительный приоритет в их формулировке. Все же указанные рекомендации оказались полезными, и я надеюсь, что они имели некоторое влияние на популяризацию этого круга идей среди инженеров. Во всяком случае, как мы увидим в основной части книги, такие идеи интересны в связи с изучением нервной системы.

Итак, эта работа была отложена. Хотя она и принесла некоторую пользу, но непосредственно она не привела д-ра Розенблюта и меня к каким-либо проектам. Наше действительное сотрудничество возникло в связи с другой задачей, также имевшей непосредственное отношение к последней войне. В начале войны господство Германии в воздухе и оборонительная позиция Англии сосредоточили внимание многих ученых на задаче усовершенствования зенитной артиллерии. Уже до войны стало ясно, что возрастающая скорость самолетов опрокинула классические методы управления огнем и что необходимо встроить в прибор управления огнем все вычислительные устройства, обеспечивающие расчеты для выстрела. Эти вычислительные устройства оказались очень сложными вследствие того обстоятельства, что, в отличие от других целей, самолет имеет скорость, сравнимую со скоростью зенитного снаряда. Поэтому необходимо стрелять не прямо в цель, а в некоторую точку, в которой согласно расчетам должны по прошествии некоторого времени встретиться самолет и снаряд. Следовательно, мы должны найти какой-нибудь метод предсказания будущего положения самолета.

Простейший метод — продолжить наблюдаемый курс самолета по прямой. Этот метод заслуживает серьезного внимания. Чем больше самолет кружит при полете, чем больше он делает виражей, тем меньше его эффективная скорость, тем меньше времени он имеет для выполнения боевого задания, тем дольше он остается в поражаемом пространстве. При прочих равных условиях самолет будет по возможности лететь по прямой. Однако после разрыва

первого снаряда это прочие условия уже *не равны*, и пилот, вероятно, начнет выполнять зигзагообразный полет, фигуры высшего пилотажа или другой противозенитный маневр.

Если бы этот маневр зависел только от пилотажа и задача пилота сводилась бы к разумному использованию своих шансов, такому, какое мы, например, ожидаем от хорошего игрока в покер, то к моменту разрыва снаряда пилот мог бы настолько изменить положение самолета, что шансы на удачное попадание стали бы пренебрежимо малы, если только не применять весьма неэкономного заградительного огня. Но пилот *не имеет* возможности неограниченного маневра. Во-первых, пилот находится в самолете, летящем с чрезвычайно большой скоростью, и всякое внезапное отклонение от курса создаст огромную нагрузку, при которой пилот может потерять сознание, а самолет — развалиться. Далее, управлять самолетом можно только посредством движения рулевых поверхностей, и для перехода в новый режим полета потребуется некоторое время.

Однако перевод рулевых поверхностей в новое положение изменит лишь ускорение самолета, и это изменение ускорения еще должно перейти в изменение скорости и затем в изменение положения, прежде чем оно даст эффект. Наконец, находясь в напряженных условиях боя, летчик едва ли будет способен к очень сложному и ничем не ограниченному сознательному поведению. Вероятнее всего, он будет просто выполнять ту программу действий, которой его ранее обучили.

Все это делало целесообразным разработку проблемы предсказания полета по кривой, независимо от того, насколько благоприятными окажутся результаты для действительного применения прибора управления огнем, использующего такие методы предсказания. Для предсказания будущей криволинейной траектории необходимо выполнить определенные операции над прошлыми наблюдениями траектории. Точный оператор предсказания вообще нельзя осуществить с помощью какой бы то ни было реальной аппаратуры. Но некоторые операторы дают известное приближение и притом допускают реализацию с помощью аппаратуры, которую мы можем построить. Я сказал профессору Массачусетсского технологического института Сэмьюэлу Колдуэллу, что следовало бы испытать эти операторы. Он немедленно предложил мне начать испытания, используя дифференциальный анализатор д-ра Буша как готовую модель требуемых приборов для управления огнем. Мы провели испытания и получили результаты, описанные в основ-

ной части книги. Во всяком случае, я оказался работающим над военным проектом, в котором г-н Джулиан Х. Бигелоу и я совместно проводили разработку теории предсказания и конструирование устройств, воплощающих ее результаты.

Таким образом, я во второй раз занялся изучением электромеханической системы, предназначенной узурпировать специфические функции человека: в первом случае речь шла о выполнении сложных вычислений, во втором — о предсказании будущего. При этом во втором случае мы не могли обойтись без исследования того, как выполняет некоторые функции человек. Правда, в ряде приборов управления огнем исходные данные для наводки поступают непосредственно с радиолокатора, но обычно огнем управляет живой, а не механический наводчик. Люди: вертикальный наводчик, горизонтальный наводчик или оба вместе — действуют в качестве неотъемлемой части системы управления огнем. Чтобы математически описать их участие в работе управляемой ими машины, необходимо знать их характеристики. Кроме того, их цель — самолет — также управляется человеком, и желательно знать рабочие характеристики такой цели.

Мы с Бигелоу пришли к заключению, что исключительно важным фактором в сознательной деятельности служит явление, которое в технике получило название *обратной связи*. Этот вопрос освещен мною весьма подробно в соответствующих главах книги. Здесь я отмечу только одно обстоятельство. Когда мы хотим, чтобы некоторое устройство выполняло заданное движение, разница между заданным и фактическим движением используется как новый входной сигнал, заставляющий регулируемую часть устройства двигаться так, чтобы фактическое движение устройства все более приближалось к заданному.

Например, в одном из типов корабельной рулевой машины поворот штурвала воздействует на L-образное колено, присоединенное к румпелю. Это колено так регулирует клапаны рулевой машины, чтобы румпель двигался в положение, при котором эти клапаны закрыты. Поэтому румпель поворачивается так, чтобы привести другой конец названного колена на серединную, нейтральную, линию, и тем самым угловое положение штурвала воспроизводится как угловое положение румпеля. Конечно, любое трение или другая задерживающая сила, тормозящая движение румпеля, будет увеличивать впуск пара в клапаны на одной стороне и уменьшить его на другой, чтобы увеличить вращающий момент, стремящийся привести румпель в требуемое положение. Таким

образом, система с обратной связью стремится сделать работу рулевой машины относительно независимой от нагрузки.

Но при некоторых условиях, например при наличии задержки во времени и т.п., обратная связь, осуществляемая слишком резко, заставит руль пройти за требуемое положение, а затем обратная связь, действующая в другом направлении, вызовет еще большее отклонение руля от требуемого положения. В результате рулевой механизм будет испытывать сильные колебания, или *рысканье*, пока совсем не сломается. В таких книгах, как монография Маккола[1], можно найти весьма точное описание обратной связи, условий, при которых обратная связь оказывается применимой, а также условий, при которых она отказывает. Обратная связь — это явление, которое мы хорошо понимаем с количественной точки зрения.

Допустим теперь, что я поднимаю карандаш. Чтобы это сделать, я должен привести в движение определенные мышцы. Однако никто, за исключением специалистов-анатомов, не знает, какие это мышцы. Даже среди анатомов лишь немногие, да и то вряд ли, сумеют поднять карандаш посредством сознательного акта последовательного сокращения отдельных мышц. Нами осознается лишь конечная цель — *поднять карандаш*. Когда мы решили это сделать, наше движение совершается так, что, грубо говоря, степень, в которой карандаш еще не взят, на каждом этапе уменьшается. Все движение мы выполняем почти бессознательно.

Чтобы действие выполнялось таким способом, на каждом этапе движения в нервную систему должны сознательно или бессознательно подаваться сведения о том, насколько положение нашей руки отличается от положения, при котором мы возьмем карандаш. Если мы смотрим на карандаш, то эти сведения могут быть зрительными, хотя бы частично; но обычно они бывают кинестетическими, или, употребляя термин, который сейчас в ходу, проприоцептивными. Если проприоцептивные ощущения отсутствуют и мы не заменим их зрительными или какими-либо другими, то мы не сможем поднять карандаш — состояние, называемое *атаксией*. Атаксия этого типа обычна при той форме сифилиса центральной нервной системы, которая носит название *спинной сухотки* (tabes dorsalis). При ней кинестетические ощущения, передаваемые спинномозговыми нервами, более или менее утрачиваются.

[1] McColl L. A Fundamental Theory of Servomechanisms, Van Nostrand. New York, 1946 (русский перевод: Маккол Л.Б., Основы теории сервомеханизмов, ИЛ, — М., 1947 — *Ред.*).

Но чрезмерная обратная связь, очевидно, должна быть столь же серьезным препятствием для организованной деятельности, как и недостаточная обратная связь. Принимая во внимание эту возможность, мы с Бигелоу обратились к д-ру Розенблюту с одним специальным вопросом. Существует ли патологическое состояние, при котором больной, пытаясь выполнить сознательное действие, например поднять карандаш, проскакивает мимо цели и совершает не поддающиеся контролю колебания? Д-р Розенблют ответил, что такое состояние существует и хорошо известно. Называется оно интенционным тремором и часто связано с повреждением мозжечка.

Итак, мы нашли весьма существенное подтверждение нашей гипотезы относительно природы сознательной деятельности или, по крайней мере, некоторых видов этой деятельности. Следует отметить, что эта точка зрения идет значительно дальше обычной точки зрения, распространенной среди нейрофизиологов. Центральная нервная система уже не представляется автономным, независимым органом, получающим раздражения от органов чувств и передающим их в мышцы. Наоборот, некоторые характерные виды деятельности центральной нервной системы объяснимы только как круговые процессы, идущие от нервной системы в мышцы и снова возвращающиеся в нервную систему через органы чувств. При этом не важно, являются ли эти органы чувств проприоцепторами или внешними органами чувств. Нам казалось, что такой подход означает новый шаг в изучении того раздела нейрофизиологии, который затрагивает не только элементарные процессы в нервах и синапсах, но и деятельность нервной системы как единого целого.

Мы трое сочли необходимым написать и опубликовать статью, излагающую эту новую точку зрения[1]. Как д-р Розенблют, так и я предвидели, что эта статья может быть только изложением программы большой экспериментальной работы. Мы решили, что если когда-нибудь нам удастся создать институт, занимающийся проблемами связей между разными науками, то эта тема была бы почти идеальным объектом для нашей деятельности.

Что касается техники связи, то для г-на Бигелоу и для меня уже стало очевидным, что техника управления и техника связи неотделимы друг от друга и что они концентрируются не вокруг понятий

[1] Rosenblueth A., Wiener N. and Bigelow J., Behavior, Purpose & Teleology, *Philosophy of Science*, 10, 18–24 (1943) русский перевод см. в приложении I. — *Ред.*).

электротехники, а вокруг более фундаментального понятия сообщения. При этом не существенно, передается ли сообщение посредством электрических, или механических, или нервных систем. Сообщение представляет собой дискретную или непрерывную последовательность измеримых событий, распределенных во времени, т.е. в точности то, что статистики называют временны́м рядом.

Предсказание будущего отрезка сообщения производится применением некоторого оператора к прошлому отрезку сообщения, независимо от того, реализуется ли этот оператор алгорифмом математических вычислений или электрическими и механическими устройствами. В связи с этим мы нашли, что идеальные предсказывающие устройства, которые мы сначала рассматривали, подвержены воздействию ошибок двух противоположных видов. Первоначально спроектированный нами предсказывающий прибор можно было сделать таким образом, чтобы он предугадывал весьма гладкую кривую с любой степенью точности. Однако повышение точности достигалось ценой повышения чувствительности прибора. Чем лучше был прибор для гладких сигналов, тем сильнее он приводился в колебания небольшими нарушениями гладкости и тем продолжительнее были такие колебания. Таким образом, хорошая экстраполяция гладкой кривой, по-видимому, требовала применения более точного и чувствительного прибора, чем наилучшее возможное предсказание негладкой кривой; в каждом отдельном случае выбор прибора зависел бы от статистической природы предсказываемого явления. Можно было думать, что эти два вида взаимозависимых ошибок имеют нечто общее с противоречивыми задачами измерения положения и количества движения, рассматриваемыми в квантовой механике Гейзенберга в соответствии с его принципом неопределенности.

После того как мы уяснили, что решение задачи оптимального предсказания можно получить лишь обратившись к статистике предсказываемого временного ряда, было уже легко превратить то, что сперва представлялось трудностью для теории предсказания, в эффективное средство решения задачи предсказания. Приняв определенную статистику для временного ряда, можно найти явное выражение для среднего квадрата ошибки предсказания при данном методе и на данное время вперед. А располагая таким выражением, мы можем свести задачу оптимального предсказания к нахождению определенного оператора, при котором становилась бы минимальной некоторая положительная величина, зависящая от

этого оператора. Задачи на минимум такого типа решаются в хорошо развитой отрасли математики — вариационном исчислении, и эта отрасль имеет хорошо развитую методику. Благодаря этой методике мы оказались в состоянии получить в явном виде наилучшее решение задачи предсказания будущего отрезка временного ряда на основе его статистических свойств и, более того, найти физическую реализацию этого решения посредством реальных приборов.

Проделав это, мы увидели, что по крайней мере одна задача технического проектирования приняла совершенно новый вид. Ведь обычно техническое проектирование считается скорее искусством, чем наукой. Сведя задачу такого рода к разысканию определенного минимума, мы поставили дело проектирования на более научную основу. Нам пришла мысль, что перед нами не изолированный случай и что существует целая область инженерной работы, в которой аналогичные задачи проектирования можно решать методами вариационного исчисления.

Мы обратились к другим аналогичным задачам и решили их этими методами. В числе решенных задач была задача проектирования волновых фильтров. Часто бывает так, что передаваемое сообщение искажают посторонние помехи, так называемый *шумовой фон*. Тогда встает задача восстановления посланного сообщения из искаженного сообщения при помощи некоторого оператора. При этом может потребоваться восстановление посланного сообщения либо в первоначальном виде, либо с данным утверждением, либо с данным запаздыванием. Выбор оптимального оператора и прибора, его реализующего, определяется статистическими свойствами сообщения и шума, рассматриваемых по отдельности и совместно. Так в проектировании волновых фильтров мы заменили старые методы, носившие эмпирический и довольно-таки случайный характер, методами, допускающими четкое научное обоснование.

Но тем самым мы сделали из проектирования систем связи статистическую науку, раздел статистической механики. И действительно, понятия статистической механики вторгаются во все отрасли науки уже более ста лет. Мы увидим далее, что эта преобладающая роль статистической механики в современной физике имеет самое существенное значение для понимания природы времени. В случае же техники связи значение статистического элемента непосредственно очевидно. Передача информации возможна лишь как передача альтернатив. Если нужно передавать одну-единственную возможность, то лучше всего и легче всего это сделать тем,

что не посылать вообще никакого сообщения. Телефон и телеграф могут выполнять свои функции в том случае, когда передаваемые ими сообщения беспрерывно изменяются, причем эти изменения не определяются полностью прошлой частью сообщений. С другой стороны, эффективное проектирование телефона и телеграфа возможно только при том условии, что изменения передаваемых сообщений подчиняются каким-нибудь статистическим закономерностям.

Чтобы подойти к технике связи с этой стороны, нам пришлось разработать статистическую теорию *количества информации*. В этой теории за единицу количества информации принимается количество информации, передаваемое при одном выборе между равновероятными альтернативами. Такая мысль возникла почти одновременно у нескольких авторов, в том числе у статистика Р.А. Фишера, у д-ра Шеннона из Белловских телефонных лабораторий и у автора настоящей книги. При этом Фишер исходил из классической статистической теории, Шенон — из проблемы кодирования информации, автор настоящей книги — из проблемы сообщения и шумов в электрических фильтрах. Следует, однако, отметить, что некоторые мои изыскания в этом направлении связаны с более ранней работой Колмогорова[1] в России, хотя значительная часть моей работы была сделана до того, как я обратился к трудам русской школы.

Понятие количества информации совершенно естественно связывается с классическим понятием статистической механики — понятием *энтропии*. Как количество информации в системе есть мера организованности системы, точно так же энтропия системы есть мера дезорганизованности системы; одно равно другому, взятому с обратным знаком. Эта точка зрения приводит нас к ряду рассуждений относительно второго закона термодинамики и к изучению возможности так называемых «демонов» Максвелла. Вопросы такого рода возникают совершенно независимо при изучении энзимов и других катализаторов, и их рассмотрение существенно для правильного понимания таких основных свойств живой материи, как обмен веществ и размножение. Третье фундаментальное свойство жизни — свойство раздражимости — относится к области теории связи и попадает в группу идей, которые мы только что разбирали[1].

[1] Колмогоров А.Н. Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей, «Известия АН СССР», сер. мат., № 5. С. 3–14 (1941).

Таким образом, четыре года назад группа ученых, объединившихся вокруг д-ра Розенблюта и меня, уже понимала принципиальное единство ряда задач, в центре которых находились вопросы связи, управления и статистической механики, и притом как в машине, так и в живой ткани. Но наша работа затруднялась отсутствием единства в литературе, где эти задачи трактовались, и отсутствием общей терминологии или хотя бы единого названия для этой области. После продолжительного обсуждения мы пришли к выводу, что вся существующая терминология так или иначе слишком однобока и не может способствовать в надлежащей степени развитию этой области. По примеру других ученых, нам пришлось придумать хотя бы одно искусственное неогреческое выражение для устранения пробела. Было решено назвать назвать всю теорию управления и связи в машинах и живых организмах *кибернетикой*, от греческого κυβερνήτης — «кормчий»[2]. Выбирая этот термин, мы тем самым признавали, что первой значительной работой по механизмам с обратной связью была статья о регуляторах, опубликованная Кларком Максвеллом в 1868 г.[3], и что слово «governor», которым Максвелл обозначал регулятор, происходит от латинского искажения слова «κυβερνήτης». Мы хотели также отметить, что судовые рулевые машины были действительно одними из самых первых хорошо разработанных устройств с обратной связью[4].

[1] Schrödinger Erwin, What is Life? Cambridge University Press, Cambridge, England, 1945 (русский перевод: Шредингер Э., Что такое жизнь с точки зрения физики? ИЛ, — М., 1947. — *Ред.*).

[2] Собственно Винер употребляет это слово в латинизированной форме «cybernetics», т.е. «цибернетика». — *Прим. ред.*

[3] Maxwell J.C., On Governors, Proc. Roy., Soc. (London), 16, 270–283 (1868) (русский перевод: Максвелл Д.К. О регуляторах, в кн.: Максвелл Д.К., Вышнеградский И.А., Стодол А. Теория автоматического регулирования, Изд-во АН СССР, — М., 1949. — С. 9–29. —*Ред.*)

[4] Как оказалось, слово «кибернетика» (κυβερνήτης) не является неологизмом. Оно встречается довольно часто у Платона, где обозначает искусство управлять кораблем, искусство кормчего, а в переносном смысле — также искусство управления людьми. В 1834 г. знаменитый французский физик А.М. Ампер, занимавшийся также вопросами классификации наук, назвал, по примеру древних, кибернетикой (cybernétique) науку об управлении государством. В таком значении это слово вошло в ряд известных словарей XIX в. Ампер относил кибернетику вместе с «этнодицеей» (наукой о правах народов), дипломатией и «теорией власти» к поли-

Несмотря на то, что термин «кибернетика» появился только летом 1947 г., мы сочли удобным использовать его в ссылках, относящихся к более ранним периодам развития этой области науки. Приблизительно с 1942 г. развитие кибернетики проходило по нескольким направлениям. Сначала идеи совместной статьи Бигелоу, Розенблюта и Винера были изложены д-ром Розенблютом на совещании, проведенном фондом Джосайи Мейси в Нью-Йорке в 1942 г. Совещание было посвящено проблемам центрального торможения в нервной системе. На совещании присутствовал д-р Уоррен Мак-Каллох из Медицинской школы Иллинойсского университета, уже давно поддерживавший связь с д-ром Розенблютом и со мною и интересовавшийся изучением организации коры головного мозга.

Примерно в это же время на сцену выступает фактор, который неоднократно появляется в истории кибернетики,— влияние математической логики. Если бы мне пришлось выбирать в анналах истории наук святого — покровителя кибернетики, то я выбрал бы Лейбница. Философия Лейбница концентрируется вокруг двух основных идей, тесно связанных между собой: идеи универсальной символики и идеи логического исчисления.

Из этих двух идей возникли современный математический анализ и современная символическая логика. И как в арифметическом исчислении была заложена возможность развития его механизации от абака и арифмометра до современных сверхбыстрых вычислительных машин, так в calculus ratiocinator[1] Лейбница содержится в зародыше machina rationatrix — думающая машина. Сам Лейбниц, подобно своему предшественнику Паскалю, интересовался созданием вычислительных машин в металле. Поэтому совсем неудивительно, что тот же самый умственный толчок, который привел к развитию математической логики, одновременно привел к гипотетической или действительной механизации процессов мышления.

Всякое математическое доказательство, за которым мы можем следить, выразимо конечным числом символов. Эти символы, правда, могут быть связаны с понятием бесконечности, но связь

тическим наукам, причем кибернетика и теория власти составляли у него «политику в собственном смысле слова» (см. Ampère A.-M., Essai sur la philosophie des sciences, 2nd partie, Bachelier, Paris, 1843, Chapitre IV, § IV. P. 140–142).— *Прим. ред.*

[1]Исчисление умозаключений.— *Прим. ред.*

эта такова, что ее можно установить за конечное число шагов. Так, когда в случае математической индукции мы доказываем теорему, зависящую от параметра n, мы доказываем ее сначала для $n = 0$ и затем устанавливаем, что случай, когда параметр имеет значение $n + 1$, вытекает из случая, когда параметр имеет значение n. Тем самым мы убеждаемся в правильности теоремы для всех положительных значений параметра n. Более того, число правил действия в нашем дедуктивном механизме должно быть конечным, даже если оно кажется неограниченным из-за ссылки на понятие бесконечности. Ведь и само понятие бесконечности выразимо в конечных терминах. Короче говоря, как номиналистам (Гильберт), так и интуиционистам (Вейль) стало совершенно очевидно, что развитие той или иной математико-логической теории подчиняется ограничениям того же рода, что и работа вычислительной машины. Как мы увидим позже, можно даже интерпретировать с этой точки зрения парадоксы Кантора и Расселла.

Я сам в прошлом ученик Расселла и многим обязан его влиянию. Д-р Шеннов взял как тему своей докторской диссертации в Массачусетсском технологическом институте применение методов классической булевой алгебры классов к изучению переключательных систем в электротехнике[1]. Тьюринг был, пожалуй, первым среди ученых, исследовавших логические возможности машин с помощью мысленных экспериментов. Во время войны он работал для английского правительства в области электроники. В настоящее время он возглавляет программу по созданию вычислительных машин современного образца, принятую Национальной физической лабораторией в Теддингтоне.

Другим молодым ученым, перешедшим из математической логики в кибернетику, был Уолтер Питтс. Он был учеником Карнапа в Чикаго и был связан с проф. Рашевским и его школой биофизиков. Заметим попутно, что эта последняя группа сделала очень много для того, чтобы направить внимание ученых-математиков на возможности биологических наук. Правда, некоторым из нас кажется, что она находится под слишком большим влиянием задач об энергии и потенциалах и методов классической физики, чтобы наилучшим образом решать задачи по изучению систем, подобных нервной системе, которые весьма далеки от энергетической замкнутости.

[1] Булева алгебра классов — логическое исчисление, названное по имени известного английского математика Джорджа Буля (1815—1864), который считается основателем математической логики. — *Прим. ред.*

Г-н Питтс весьма удачно попал под влияние Мак-Каллоха; они вместе начали работать над проблемами, связанными с соединением нервных волокон синапсами в системы, обладающие заданными общими свойствами. Независимо от Шеннона они использовали аппарат математической логики для решения проблем, являющихся прежде всего переключательными проблемами. Мак-Каллох и Питтс ввели принципы, остававшиеся в тени в ранней работе Шеннона, хотя и вытекающие, несомненно, из идей Тьюринга: использование времени как параметра, рассмотрение сетей, содержащих циклы, и рассмотрение синаптических и других задержек[1].

Летом 1943 г. я встретил д-ра Дж.Леттвина из Бостонской городской больницы, весьма интересовавшегося вопросами, связанными с нервными механизмами. Он был близким другом г-на Питтса и познакомил меня с его работой[2]. Он убедил Питтса приехать в Бостон и встретиться с д-ром Розенблютом и со мной. Мы с радостью пригласили его в нашу группу. Г-н Питтс перешел в Массачусетский технологический институт осенью 1943 г., чтобы работать вместе со мной и чтобы углубить свою математическую подготовку для исследований в этой науке — кибернетике, к тому времени уже родившейся, но еще не окрещенной.

Г-н Питтс был тогда основательно знаком с математической логикой и нейрофизиологией, но не имел случая сколько-нибудь близко соприкасаться с техникой. В частности, он не был знаком с работой д-ра Шеннона и недостаточно ясно представлял себе возможности электроники. Он очень заинтересовался, когда я показал ему образцы современных вакуумных ламп и объяснил, что они являются идеальным средством для реализации в металле эквивалентов рассматриваемых им нейронных сетей и систем. С этого времени нам стало ясно, что сверхбыстрая вычислительная машина, поскольку вся она строится на последовательном соединении переключательных устройств, является идеальной моделью для решения задач, возникающих при изучении нервной системы. Возбуждение нейронов по принципу «все или ничего» в точности подобно однократному выбору, производимому при определении разряда двоичного числа; а двоичная система счисления уже признавалась не одним из нас за наиболее удовлетворительную основу для

[1] Turing A. M., On Computable Numbers, with an Application to the Entcheidungsproblem, *Proc. London Math. Soc.*, Ser. 2, 42, 230–265 (1936).

[2] McCulloch W. S. and Pitts W., A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bull. Math. Biophus.*, 5. P. 115–133 (1943).

проектирования вычислительных машин. Синапс есть не что иное, как механизм, определяющий, будет ли некоторая комбинация выходных сигналов от данных предыдущих элементов служить подходящим стимулом для возбуждения следующего элемента или нет; тем самым синапс в точности подобен устройствам вычислительной машины. Наконец, проблема объяснения природы и разновидностей памяти у животных находит параллель в задаче создания искусственных органов памяти для машин.

Тем временем оказалось, что создание вычислительных машин имеет гораздо более важное значение для военных целей, чем предполагал ранее д-р Буш. Строительство новых машин развернулось в нескольких центрах, и притом в направлении, которое не очень отличалось от указанного в моем первом докладе. Гарвардский университет, испытательный полигон в Абердине и Пенсильванский университет уже построили вычислительные машины, а Институт высших исследований в Принстоне и Массачусетский технологический институт должны были к этому вскоре приступить. В программе строительства вычислительных машин наблюдался постепенный переход от механических систем к электрическим, от десятичной системы счисления к двоичной, от механического реле к электрическому, от ручного управления операциями к автоматическому управлению. Короче говоря, каждая новая машина все более и более походила на образец, описанный в том докладе, который я в свое время направил д-ру Бушу. Множество народа жадно интересовалось этими вопросами; у нас была возможность передавать свои идеи коллегам, в частности д-ру Эйкену из Гарвардского университета, д-ру фон Нейману из Института высших исследований и д-ру Голдстайну, работавшему над машинами ЭНИАК[1] и ЭДВАК[2] в Пенсильванском университете. Везде нас

[1] ЭНИАК (ENIAC — Electronic Numerical Integrator and Automatic Calculator, т.е. «Электронный численный интегратор и автоматический вычислитель») — первая американская электронная вычислительная машина; строилась во время войны Пенсильванским университетом в Филадельфии для Управления вооружения армии США. Впервые публично продемонстрирована в феврале 1946 г. и затем использовалась в баллистической лаборатории испытательного полигона в Абердине, Мэриленд, США. — *Прим. ред.*

[2] ЭДВАК (EDVAC — Electronic Discrete Variable Automatic Computer, т.е. «Электронная автоматическая вычислительная машина с дискретными переменными») — вторая электронная вычислительная машина, построенная в Пенсильванском университете; предназначалась для баллистической лаборатории испытательного полигона в Абердине. — *Прим. ред.*

внимательно выслушивали, и скоро словарь инженеров стал пестреть выражениями, управляемыми нейрофизиологами и психологами.

На этой стадии работ д-р фон Нейман и я сочли необходимым провести объединенное совещание всех интересующихся тем, что мы сейчас называем кибернетикой. Такое совещание было организовано в Принстоне в конце зимы 1943–1944 гг. Присутствовали инженеры, и физиологи, и математики. Д-р Розенблют не мог быть среди нас, так как он только что принял приглашение на должность заведующего лабораторией физиологии в Национальном институте кардиологии в Мексике; но от физиологов присутствовали д-р Мак-Каллох и д-р Лоренте де Но из Рокфеллеровского института. Д-р Эйкен не смог присутствовать, но в совещании участвовало несколько конструкторов вычислительных машин и среди них д-р Голдстайн. Д-р фон Нейман, г-н Питтс и я представляли математиков. Физиологи сделали совместное изложение задач кибернетики с их точки зрения, аналогичным образом конструкторы вычислительных машин изложили свои цели и методы. В конце совещания всем стало ясно, что существует значительная идейная общность между работниками разных специальностей, что представители каждой группы уже могут пользоваться понятиями, выработанными представителями других групп, и что поэтому необходимо попытаться создать общую для всех терминологию.

Значительно раньше военная исследовательская группа, руководимая д-ром Уорреном Уивером, выпустила отчет, сначала секретный, а затем для ограниченного пользования, где излагалась работа г-на Бигелоу и моя по предсказывающим приборам и волновым фильтрам. Было установлено, что конструирование специальных приборов для криволинейного предсказания не оправдывается условиями ведения зенитного огня. Но принципы оказались верными и были использованы государственными органами при решении задач на сглаживание и в некоторых смежных областях. В частности, оказалось, что интегральное уравнение того типа, к которым сводится рассматриваемая нами задача вариационного исчисления, появляется в проблемах волноводов и во многих других проблемах прикладной математики. Таким образом, к концу войны идеи теории предсказания, идеи статистического подхода к технике связи так или иначе стали уже знакомы значительной части статистиков и инженеров-связистов в Соединенных Штатах и Великобритании; кроме моего военного отчета, ныне совершенно разошедшегося, к этому времени вышло большое число объяснительных статей, написанных Левинсоном, Уоллменом, Дэниелом, Филлипсом и другими[1] для заполнения пробела. Сам я в течение нескольких лет готовил большую математическую статью с целью окончательно зафиксировать проделанную работу, но затем не зависящие от меня обстоятельства воспрепятствовали быстрой публикации этой статьи. Наконец, после совместного совещания Американского математического общества и Института математической статистики, организованного в Нью-Йорке весной 1947 г. (оно было посвящено изучению стохастических процессов с точки зрения, весьма близкой к кибернетике), я переслал проф. Дубу из Иллинойсского университета готовую часть рукописи с тем, чтобы он переработал ее в своих обозначениях и в соответствии со своими идеями для книги, которая должна выйти в серии математических обзоров Американского математического общества. Часть работы уже излагалась в курсе лекций, читанном мною на математическом отделении МТИ летом 1945 г. После этого вернулся из Китая мой старый ученик и сотрудник[2] д-р Ю.В. Ли. Сейчас, осенью 1947 г., он читает лекции о новых методах проектирования волновых фильтров и других аналогичных приборов в МТИ на электротехническом отделении. На основе этого курса лекций он собирается издавать книгу. В то же время намечается переиздание коего военного отчета, разошедшегося полностью[3].

Как я уже сказал, д-р Розенблют вернулся в начале 1944 г. в Мексику. Весной 1945 г. я получил приглашение от Мексиканского математического общества принять участие в совещании, которое должно было состояться в июне в Гвадалахаре. К этому приглашению присоединилась Комиссия по поощрению и координации научных исследований, руководимая д-ром Мануэлем Сандовалем Вальяртой, о котором я уже говорил. Д-р Розенблют предложил мне провести совместно какое-либо исследование, и Национальный институт кардиологии, где директором был д-р Игнасио Чавес, оказал мне свое гостеприимство.

Я тогда пробыл в Мексике около десяти недель. Мы с д-ром Розенблютом решили продолжать работу, которую уже обсуждали ранее с д-ром Уолтером Б. Кенноном, также гостившим у д-ра Розенблюта; к несчастью, эта поездка оказалась для д-ра Кеннона последней. Наша работа посвящалась зависимости между тоничес-

[1] Levinson N., *J. Math. and Physics*, 25, 261–278; **26**, 110–119 (1947).
[2] Lee Y.W., *J. Math. and Physics*, 11, 261–278 (1932).
[3] Wiener N., Extrapolation, Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series, Technology Press and Wiley, New York, 1949.

кими, клоническими и фазовыми судорогами при эпилепсии, с одной стороны, и тонической спазмой, биением и мерцанием сердца, с другой. Мы полагали, что сердечная мышца благодаря своей раздражимости столь же полезна для изучения механизмов проводимости, как и нервная ткань, а анастомозы и перекресты волокон сердечной мышцы ставят нас перед меньшими трудностями, чем нервные синапсы. Мы были глубоко благодарны д-ру Чавесу за его щедрое гостеприимство; и хотя институт никогда не стремился ограничить д-ра Розенблюта одними лишь исследованиями сердца, мы были весьма рады возможности способствовать выполнению основной задачи института.

Исследования наши приняли два направления: изучение явлений проводимости и покоя в однократных проводящих средах двух и более измерений и статистическое изучение свойств проводимости случайных сетей проводящих волокон. Первое направление привело нас к наброскам теории трепетания сердца, второе— к некоторому возможному пониманию явления мерцания. Оба направления изложены в опубликованной нами статье[1]. Конечно, наши первые результаты потребовали затем значительного пересмотра. Но работу о трепетании продолжает г-н Оливер Г.Селфридж из Массачусетского технологического института, а статистические методы, примененные при изучении сетей волокон сердечной мышцы, были распространены на нейронные сети г-ном Уолтером Питтсом, ныне стипендиатом фонда Джона Саймона Гиггенгейма. Д-р Розенблют проводит экспериментальную работу, в чем ему помогает д-р Ф.Гарсия Рамос, сотрудник Национального института кардиологии и Мексиканской военно-медицинской школы.

В Гвадалахаре на заседании Мексиканского математического общества мы с д-ром Розенблютом доложили часть полученных результатов. Мы сделали вывод, что наши прежние предположения о возможном сотрудничестве оказались вполне реальными. Нам повезло, и мы получили возможность изложить наши результаты большой аудитории слушателей. Весной 1946г. д-р Мак-Каллох договорился с фондом Джосайи Мейси об организации первого из совещаний по вопросам обратной связи, которые должны были состояться в Нью-Йорке. Эти совещания проводились в соответ-

[1]Wiener N., and Rossenblueth A., The Mathematical Formulation of the Problem of Conduction of Impluses in a Network of Connected Excitable Elements, Specifically in Cardiac Muscele, *Arch. Inst. Cardiol Mex.*, 16, 205–265 (1946).

ствии с традициями фонда Мейси. Организацией совещаний занимался по поручению фонда д-р Фрэнк Фремонт-Смит, разработавший весьма эффективный порядок. Предполагалось собирать небольшую — не свыше, скажем, двадцати человек — группу специалистов по различным связанным между собой отраслям науки, чтобы эти специалисты проводили вместе пару дней в постоянном общении на неофициальных докладах, дискуссиях и совместных обедах; группа будет собираться до тех пор, пока ее члены не преодолеют своих разногласий и преуспеют в выработке общего мнения. Основным ядром наших собраний была группа, сложившаяся в Принстоне в 1944 г.; однако доктора Мак-Каллох и Фремонт-Смит, правильно оценив возможность психологических и социологических применений наших идей, включили в группу ряд ведущих психологов, социологов и антропологов. Необходимость привлечения к работе психологов была очевидна с самого начала. Кто изучает нервную систему, не может забывать о мышлении, а кто изучает мышление, обязан постоянно помнить о нервной системе. Значительная часть психологии прошлого по существу была не чем иным, как физиологией внешних органов чувств; а комплекс идей, вносимых в психологию кибернетикой, затрагивает в первую очередь анатомию и физиологию высокоспециализированных областей коры головного мозга, связанных с этими внешними органами чувств. С самого начала мы догадывались, что проблема восприятия *гештальта*[1], или, иначе говоря, проблема образования обобщений при восприятии, имеет тот же характер. Каков механизм, при помощи которого мы опознаем квадрат как квадрат, независимо от его положения, размеров и ориентации? Чтобы помочь нам в таких вопросах и, в свою очередь, получить информацию о возможных применениях наших концепций в своей области, среди нас присутствовали психологи: проф. Клювер из Чикагского университета, покойный д-р Курт Левин из Массачусетского технологического института и д-р М. Эриксон из Нью-Йорка.

Что касается социологии и антропологии, то очевидно, что информация и связь как механизмы организации действуют не только в индивидууме, но и в обществе. Совершенно невозможно понять устройство таких социальных систем, как муравейник, без подробного анализа их средств связи; здесь нам очень пригодилась

[1] Гештальт (нем. Gestalt) — целостная форма, целостный образ; термин так называемой гештальтпсихологии — направления в зарубежной психологической науке, придающего особое значение целостному подходу к явлениям. — *Прим. ред.*

помощь, которую оказал д-р Шнейрла. При рассмотрении аналогичных проблем, касающихся организации человеческого общества, мы обращались к антропологам д-ру Бейтсону и д-ру Маргарите Мид. Д-р Моргенштерн из Института высших исследований был нашим консультантом в той важной области социальной организации, которая связана с экономическими вопросами. Между прочим, его очень ценная книга по теории игр, написанная им совместно с д-ром фон Нейманом, принадлежит к наиболее интересным исследованиям социальной организации. Методы, которыми это исследование выполнено, тесно связаны с методами кибернетики, хотя и отличны от них. Д-р Левин и другие представляли новое направление в теории изучения общественного мнения и практике его формирования, а д-р Нортроп интересовался анализом философского значения нашей работы.

Это, однако, не составляет полного списка нашей группы. Расширяя группу, мы пополняли ее также новыми инженерами и математиками (Бигелоу и Сэведж), новыми нейроанатомами и нейрофизиологами (фон Бонин и Ллойд) и т.д. Наше первое совещание, состоявшееся весной 1946 г., было посвящено в основном ознакомительным докладам бывших участников Принстонского совещания и общей оценке новой области всеми присутствующими. Мнение совещания было следующим. Идеи кибернетики достаточно важны и интересны, и имеет смысл устраивать такие совещания каждые полгода. Перед ближайшим совещанием надо устроить небольшой семинар для лиц, обладающих меньшей математической подготовкой, и объяснить им как можно проще существо используемых математических понятий.

Летом 1946 г., воспользовавшись поддержкой Рокфеллеровского фонда и гостеприимством Национального института кардиологии, я возвратился в Мексику, чтобы продолжить нашу совместную с д-ром Розенблютом работу. На сей раз мы решили взять неврологическую задачу, непосредственно затрагивающую вопросы обратной связи, и посмотреть, чего здесь можно добиться экспериментальным путем. В качестве подопытного животного мы выбрали кошку и решили изучать у нее четырехглавную мышцу — разгибатель бедра. Мы перерезали место прикрепления мышцы, присоединяли ее под известным напряжением[1] к рычагу и записывали ее сокращения в изометрических и в изотонических условиях.

[1] Речь идет об упругом напряжении, т.е. о натяжении, измеряемом в единицах силы. — *Прим. ред.*

Для записи электрических изменений в самой мышце мы пользовались осциллографом. Обычно мы работали с кошкой, которая была сначала децеребрирована под эфирным наркозом, а затем превращена в спинномозговой препарат перерезкою спинного мозга на уровне груди. Во многих случаях для усиления рефлекторных реакций использовался стрихнин. Мышца нагружалась до тех пор, пока легкое надавливание не вызывало у нее периодических сокращений, которые на языке физиологов называются *клонусом*. Мы исследовали эти периодические сокращения с учетом физиологического состояния кошки, нагрузки мышцы, частоты колебаний, основного уровня, вокруг которого происходят колебания, и их амплитуды. Эти колебания мы пытались анализировать теми же методами, которыми анализировали бы механическую или электрическую систему, обнаруживающую рысканье такой же формы. Например, мы применяли методы, изложенные в книге Маккола о сервомеханизмах.

Здесь не место обсуждать подробно значение наших результатов. Сейчас мы их проверяем и готовимся изложить для публикации. Однако установлены или весьма вероятны следующие положения: во-первых, частота клонических колебаний гораздо менее чувствительна к изменениям условий нагрузки, чем мы ожидали; во-вторых, эта частота определяется почти исключительно константами замкнутой дуги «эфферентный нерв — мышца — конечное кинестетическое тело — афферентный нерв — центральный синапс — эфферентный нерв». Эта цепь не является даже в первом приближении цепью линейных операторов относительно числа импульсов, передаваемых в секунду эфферентным нервом, но становится почти что линейной, если вместо числа импульсов взять его логарифм. Это соответствует тому обстоятельству, что огибающая раздражения эфферентного нерва весьма далека от синусоиды, но логарифм этой кривой гораздо ближе к синусоиде. Между тем в линейной колебательной системе с постоянным уровнем энергии кривая раздражения должна быть синусоидой во всех случаях, кроме множества случаев нулевой вероятности. С другой стороны, понятия проторения и торможения по своей природе являются скорее мультипликативными, чем аддитивными. Так, полное торможение означает умножение на нуль, а частичное торможение — умножение на малый множитель. С помощью понятий торможения и проторения и обсуждалась эта рефлекторная дуга[1]. Далее,

[1] Неопубликованные статьи по клонусу, подготовленные в Национальном институте кардиологии в Мексике.

синапс есть регистратор совпадений, и выходное волокно раздражается лишь тогда, когда число импульсов, поступивших на входы в течение некоторого малого времени суммации, превышает определенный порог. Если этот порог достаточно низок по сравнению с общим числом входных сигналов, то синаптический механизм служит просто для умножения вероятностей и может рассматриваться как приблизительно линейное звено лишь в логарифмической системе. Этот приблизительно логарифмический характер синаптического механизма, несомненно, связан с приблизительно логарифмическим характером закона интенсивности ощущения Вебера—Фехнера, хотя названный закон и является лишь первым приближением.

Самое интересное— это то, что, приняв логарифмическую шкалу и использовав данные, полученные при изучении прохождения одиночных импульсов через различные звенья нервно-мышечной дуги, мы смогли получить весьма хорошее приближение к экспериментальным значениям периода клонических судорог при помощи методов, применяемых в теории сервомеханизмов для определения частоты колебаний рысканья в перерегулированных системах с обратной связью. Теоретически мы получили колебания приблизительно в 13,9 *гц* для условий, в которых частота экспериментально наблюдаемых колебаний изменялась от 7 до 30 *гц*. Учитывая условия исследования, совпадение следует считать очень хорошим.

Частота клонических судорог не является единственным важным явлением, которое мы наблюдали. Мы также встретили относительно медленное изменение основного упругого напряжения и еще более медленное изменение амплитуды. Эти явления, конечно, носят совсем не линейный характер. Однако достаточно медленные изменения параметров линейной колебательной системы можно рассматривать в первом приближении как бесконечно медленные, а тогда на протяжении каждого этапа колебаний система ведет себя как система с постоянными параметрами. Этот метод известен в других разделах физики под названием метода вековых возмущений. Он может применяться и для изучения изменений основного уровня и амплитуды клонуса. Эта работа еще не закончена, но ясно, что она является перспективной и обещающей.

Есть серьезные основания для следующего предположения: хотя при клонусе синхронизация главной дуги свидетельствует о ее принадлежности к двухнейронным дугам, усиление импульсов в этой дуге изменяется в одной, а может быть, и в нескольких точках,

так что некоторая часть общего усиления определяется медленными, многонейронными процессами, протекающими в отделах центральной нервной системы, расположенных гораздо выше спинномозговой цепочки, ответственной за синхронизацию клонических судорог. На это переменное усиление влияет уровень центральной активности, применение стрихнина или анестезирующих средств, децеребрация и многие другие причины.

Таковы главные результаты, доложенные д-ром Розенблютом и мною на Мейсиевском совещании осенью 1946 г. и на заседании Нью-Йоркской академии наук. Это заседание академии состоялось той же осенью и преследовало цель пропаганды кибернетики в широких массах слушателей. Хотя мы были удовлетворены нашими результатами и целиком убеждены в осуществимости работ в этом направлении, мы чувствовали, что наша совместная работа продолжалась слишком мало и проводилась в слишком стесненных обстоятельствах и что поэтому не стоило публиковать результаты без дальнейших экспериментальных подтверждений. Сейчас, летом и осенью 1947 г., мы ищем эти подтверждения, которые, впрочем, могут оказаться и опровержением.

Рокфеллеровский фонд ранее уже предоставил д-ру Розенблюту субсидию на оборудование нового лабораторного здания в Национальном институте кардиологии. Мы решили, что наступило подходящее время для нашего совместного обращения в этот фонд к д-ру Уоррену Уиверу, заведующему отделом физических наук, и д-ру Роберту Морисону, заведующему отделом медицинских наук. Помощь фонда дала бы нам основу для длительного научного сотрудничества и тем самым позволила бы выполнять нашу программу более медленно, но более основательно. В этом нас горячо поддержали наши учреждения. Д-р Джордж Гаррисон, декан отделения точных наук, был главным представителем Массачусетского технологического института во время этих переговоров, а д-р Игнасио Чавес выступал от имени Национального института кардиологии. Во время переговоров выяснилось, что лабораторный центр нашей совместной работы следует организовать в Национальном институте кардиологии, так как, во-первых, это позволяло избежать дублирования лабораторного оборудования и, во-вторых, Рокфеллеровский фонд был весьма заинтересован в развитии научных центров в Латинской Америке. Наконец, был принят план на пять лет, в течение которых я должен был проводить по шести месяцев каждый второй год в Национальном институте кардиологии, а д-р Розенблют — по шести месяцев в Массачусетском тех-

нологическом институте все остальные годы. Время пребывания в Национальном институте кардиологии предполагалось посвятить получению и разъяснению экспериментальных данных, относящихся к кибернетике, а остальное время — изысканиям более теоретического характера и, самое главное, исключительно трудной задаче составления программы подготовки для людей, желающих работать в этой новой области. Необходимо было, чтобы эта программа обеспечивала им приобретение необходимых математических, физических и технических знаний и наряду с этим надлежащее знакомство с методами биологии, психологии и медицины.

Весной 1947 г. д-р Мак-Каллох и г-н Питтс сделали работу, имеющую большое значение для кибернетики. Перед д-ром Мак-Каллохом стояла задача сконструировать аппарат, дающий возможность слепому воспринимать печатный текст на слух. Получение звуков разных тонов от разных букв через посредство фотоэлементов — давно известная вещь. Осуществить ее можно многими способами. Основная трудность заключается в том, чтобы получить один и тот же звук для букв данной формы, независимо от их величины. Это точный аналог задачи восприятия формы, или гештальта, восприятия, позволяющего нам опознавать квадрат как квадрат, независимо от бесчисленных изменений размера и ориентации. Прибор Мак-Каллоха обеспечивал избирательное чтение печатной буквы при различных ее увеличениях. Такое избирательное чтение может выполняться автоматически посредством процесса развертки. Идея развертки, позволяющей производить сравнение между исследуемой фигурой и данной стандартной фигурой фиксированного, но совсем другого размера, уже предлагалась мною на одном из Мейсиевских совещаний. Схема прибора, осуществляющего избирательное чтение, привлекла внимание д-ра фон Бонина, который тут же спросил: «Это схема четвертого слоя зрительной коры головного мозга?» Основываясь на этой идее, д-р Мак-Каллох с помощью г-на Питтса разработал теорию, связывающую анатомию и физиологию зрительной коры головного мозга. В этой теории операция развертки по некоторому множеству преобразований играет большую роль. Указанная теория была доложена весной 1947 г. на Мейсиевском совещании и на заседании Нью-Йоркской академии наук.

Упомянутый процесс последовательного перебора занимает определенный период времени, соответствующий так называемому «времени развертки» в обычном телевидении. Различные анатомические соображения позволяют определить этот период по длине

цепочки последовательных синапсов, необходимых для осуществления одного цикла работы. Эти соображения дают время порядка одной десятой секунды для полного завершения цикла операций, что приблизительно равно периоду так называемого «альфа-ритма» головного мозга. Между прочим, совершенно другие соображения уже давно говорили за то, что альфа-ритм связан со зрительным восприятием и играет важную роль в процессе восприятия формы.

Весной 1947 г. я получил приглашение принять участие в математической конференции в Нанси (Франция) по проблемам гармонического анализа. Я принял его и по пути в Нанси и обратно провел в целом около трех недель в Англии в гостях у моего старого друга проф. Дж.Б.С. Холдэйна. Это был прекрасный случай встретиться с большинством специалистов, работавших по сверхбыстрым вычислительным машинам, особенно в Манчестере и в Национальной физической лаборатории в Теддингтоне. Но больше всего я был рад возможности побеседовать в Теддингтоне об основных идеях кибернетики с г-ном Тьюрингом. Я посетил также Психологическую лабораторию в Кембридже и имел возможность обсудить подробно работу, которую вели проф. Ф.К. Бартлетт и его сотрудники. Они занимались оценкой человеческого фактора в управляющих системах, содержащих такой фактор. Я нашел, что в общем в Англии так же сильно интересуются кибернетикой и так же хорошо разбираются в ней, как и в Соединенных Штатах, и что инженерно-технические работы поставлены превосходно, хотя и ограничены в масштабах из-за меньших размеров выделенных средств. Я обнаружил большой интерес к кибернетике и большое понимание ее возможностей у многих, а профессора Холдэйн, Х. Леви и Бернал смотрели на нее совершенно определенно как на один из самых актуальных вопросов, стоящих перед наукой и научной философией. Однако в деле объединения всей этой области и сближения друг с другом различных линий научно-исследовательской работы я не обнаружил такого продвижения, как у нас, в Штатах.

Во Франции, на конференции по гармоническому анализу в Нанси, был сделан ряд докладов, в которых статистические понятия соединялись с понятиями из техники связи совершенно в духе идей кибернетики. В особенности должны быть упомянуты г-н Блан-Лапьерр и г-н Лоэв. Я обнаружил также, что этой темой весьма интересуются математики, физиологи и физико-химики, особенно в связи с ее термодинамическими аспектами, затрагивающими более общую проблему природы самой жизни. Между про-

чим, когда венгерский биохимик проф. Сент-Дьёрдьи обсуждал со мной эти вопросы в Бостоне еще до моего отъезда, оказалось, что его взгляды вполне гармонируют с моими.

Еще одно событие во время моего пребывания во Франции заслуживает здесь особого упоминания. Мой коллега проф. Дж. де Сантильяна из Массачусетсского технологического института познакомил меня с г-ной Фрейманом из издательской фирмы «Герман и К°», и г-н Фрейман предложил мне издать настоящую книгу. Я был очень рад его предложению, так как г-н Фрейман — мексиканец, а эта книга писалась в Мексике и значительная часть подготовительной научной работы проводилась также в Мексике.

Как уже упоминалось выше, одно из направлений работы, наметившихся в Мейсиевских совещаниях, касалось значения, которое могут иметь понятия и методы теории связи при изучении общественной системы. Нет сомнения, что общественная система является организованным целым, подобно индивидууму; что она скрепляется в целое системой связи; что она обладает динамикой, в которой круговые процессы обратной связи играют важную роль. Это относится как к общим вопросам антропологии и социологии, так и к более специальным вопросам экономики. В частности, весьма важная работа фон Неймана и Моргенштерна, о которой мы уже говорили, относится к этому кругу идей. На этом основании д-р Грегори Бейтсон и д-р Маргарита Мид убеждали меня, ввиду крайне неотложного характера социально-экономических проблем в наш век беспорядка, посвятить значительную часть моих сил обсуждению этой стороны кибернетики.

Однако при всей солидарности с их уверенностью, что ситуация не терпит промедления, и при всей надежде, что они и другие компетентные работники займутся проблемами такого рода (эти проблемы обсуждаются в последней главе настоящей книги), я не могу разделить ни их мнения, что мне следует заниматься этими вопросами в первую очередь, ни их надежд, что в этом направлении можно добиться результатов, которые оказали бы ощутимое терапевтическое действие на теперешние болезни общества. Начать с того, что основные величины, действующие на общество, не только являются статистическим, но более того, определяются чрезвычайно короткими статистическими рядами. Что толку объединять данные об экономике сталелитейной промышленности до и после введения бессемеровского процесса или сравнивать статистику производства резины до и после расцвета автомобильной промышленности и культивации гевеи в Малайе? Точно так же нет

глубокого смысла собирать статистику венерических заболеваний в одной таблице, охватывающей период до и после введения сальварсана, если только специально не имеется в виду выяснить эффективность лекарства. Для хорошей статистики общества нужно собирать данные в течение длительного отрезка времени *при существенно постоянных условиях*, как для хорошего разрешения света нужен объектив с большим отверстием диафрагмы. Эффективное отверстие диафрагмы не возрастает заметно с увеличением ее номинального отверстия, *если только объектив не сделан из столь однородного материала, что задержка света при прохождении различных частей объектива соответствует нужным теоретическим значениям с точностью до малой доли длины волны. Подобно этому, долговременные статистические ряды, составленные при весьма изменчивых условиях, дают лишь кажущуюся, ложную точность.*

Итак, гуманитарные науки — убогое поприще для новых математических методов. Настолько же убогой была бы статистическая механика газа для существа с размерами того же порядка, что и молекула. Флюктуации, которые мы игнорируем с более широкой точки зрения, представляли бы для него как раз наибольший интерес. Более того, при отсутствии надежной стандартной методики расчетов роль суждения эксперта в оценке социологических, антропологических и экономических факторов настолько велика, что новичку, еще не приобретшему огромного опыта, свойственного обычно эксперту, здесь нечего делать. Замечу в скобках, что современный аппарат теории малых выборок, как только он выходит за рамки простого подсчета своих собственных, специально определенных параметров и превращается в метод положительных статистических выводов для новых случаев, уже не внушает мне никакого доверия. Исключение составляет случай, когда этот аппарат применяется статистиком, который явно знает или хотя бы неявно чувствует основные элементы динамики исследуемой ситуации.

Я говорил только что об области, в которой мои надежды на кибернетику являются довольно умеренными ввиду существования ограничений на данные, которые мы хотим получить. Однако имеются две области, где, по моему мнению, можно добиться практических результатов с помощью кибернетических идей, но где для этого еще потребуются дальнейшие исследования. Одна из них — протезирование утерянных или парализованных конечностей. Как мы видели при обсуждении гештальта, идеи техники связи уже применялись Мак-Каллохом к проблеме замены утраченных органов чувств, когда он строил прибор, который бы позволил

слепому читать печатный текст на слух. Здесь важно, что прибор Мак-Каллоха берет на себя в совершенно явной форме не только функции глаза, но и некоторые функции зрительной области коры головного мозга. Очевидно, нечто подобное возможно и в случае искусственных конечностей. Потеря части конечности означает не только потерю чисто пассивной опоры, доставляемой потерянной частью как механическим продолжением уцелевшей части, и не только потерю способности сокращения соответствующих мышц. Она означает также потерю всех кожных и кинестетических ощущений, возникавших в потерянной части. Первые две потери протезист в настоящее время пытается заменить. Замена третьей пока что была вне его возможностей. В случае простой деревянной ноги это не имеет значения: брусок, заменяющий утраченную конечность, не обладает собственными степенями свободы и кинестетический механизм культи вполне достаточен для регистрации положения и скорости протеза. Иное дело— шарнирный протез с подвижным коленом и лодыжкой, который при ходьбе выбрасывается протезируемым вперед с помощью оставшейся мускулатуры. В этом случае у протезируемого нет достаточных сведений о положении и скорости частей протеза, и протезируемый ступает по неровному грунту неуверенно. Снабдить искусственные суставы и подошву искусственной ступни датчиками натяжения или давления, действующими электрически или как-либо иначе (например, через вибраторы) на нетронутые участки кожи,— это вряд ли непреодолимая трудность. Существующие протезы устраняют некоторые ограничения подвижности, вызванные ампутацией, но оставляют атаксию. Применение подходящих рецепторов позволило бы устранить в значительной степени и атаксию, так что протезируемый мог бы выработать, например, такие рефлексы, которыми все мы пользуемся при управлении автомобилем. Это позволило бы ему ходить гораздо увереннее. Все сказанное о ноге можно применить с еще большим основанием к руке. Рисунок человека в разрезе, знакомый всем читателям книг по неврологии, показывает, что сенсорная потеря при удалении одного только большого пальца руки намного больше, чем даже при удалении ноги до тазобедренного сустава.

Эти доводы я пытался изложить соответствующим авторитетам, но до сего времени мало чего добился. Не знаю, высказывались ли подобные идеи кем-либо раньше, как и не знаю, проводилась ли их проверка и не были ли они отвергнуты за технической неосуществимостью. Если они еще не получили надлежащего практического рассмотрения, то, по всей видимости, получат таковое в ближайшем будущем.

Перейду теперь к другому вопросу, заслуживающему, по моему мнению, внимания. Для меня давно сделалось ясно, что современная сверхбыстрая вычислительная машина в принципе является идеальной центральной нервной системой для устройств автоматического управления. Ее входные и выходные сигналы не обязательно должны иметь вид чисел или графиков, а могут быть также показаниями искусственных органов чувств, например фотоэлементов или термометров, и соответственно сигналами для двигателей и соленоидов. Тензометры и другие подобные средства позволяют наблюдать работу таких двигательных органов и, замыкая обратную связь, передавать эти наблюдения в центральную управляющую систему как искусственные кинестетические ощущения. С помощью этих средств мы уже в состоянии построить искусственные машины почти со сколь угодно сложным поведением. Еще задолго до Нагасаки и до того, как общественности стало известно о существовании атомной бомбы, мне пришла мысль, что мы стоим перед лицом другой социальной силы, несущей неслыханные возможности для добра и для зла. Заводы-автоматы, сборочные конвейеры без рабочих появятся так скоро, как только мы решим затратить на них столько же усилий, сколько мы, например, затратили на развитие техники радиолокации во время II мировой войны[1].

Я сказал, что это новое развитие техники несет неограниченные возможности для добра и для зла. С одной стороны, оно делает метафорическое господство машин, о котором фантазировал Сэмьюэл Батлер[2], самой непосредственной и неметафорической проблемой. Оно дает человеческой расе новый, весьма эффектив-

[1] Fortune, 32, 139–147 (October); 163–169 (November, 1945).

[2] Сэмьюэл Батлер (1835–1902)— видный английский писатель-сатирик. В его фантастической сатире «Едгин, или За горами» («Erewhon, or Over the Range», 1872) рассказывается о путешествии в труднодоступную страну Едгин (анаграмма от «нигде», англ. Erewhon от «nowhere»), где «все наоборот». Едгиняне некогда обладали высокоразвитой техникой, но затем, после «антимашинистской революции», разрушили все машины и навсегда отказались от них. Переворот вызвала «Книга машин» некоего пророка, анализировавшего эволюцию машин и доказывавшего неизбежность конечного порабощения ими человека. Повесть Батлера, написанная в яркой свифтовской форме, имела большой успех (на русский язык не переводилась). Продолжением ее является «Новое путешествие в Едгин» «Erewhon Revisited», 1901), где Едгин «европеизируется». — *Прим. ред.*

ный набор механических рабов для несения ее трудов. Такой механический труд обладает многими экономическими качествами рабского труда, хотя, в отличие от последнего, он свободен от деморализирующего влияния человеческой жестокости. С другой стороны, всякий труд, принимающий условия конкуренции с рабским трудом, принимает и условия рабского труда, а тем самым становится по существу рабским. В этой формуле главное понятие — *конкуренция*. Быть может, для человечества было бы хорошо, если бы машины избавили его от необходимости выполнять грязные и неприятные работы. А быть может, это было бы плохо — я не знаю. К этим новым возможностям нельзя подходить с точки зрения рынка, с точки зрения сэкономленных денег. Но как раз лозунг свободного рынка — «пятой свободы»[1] — стал лозунгом того сектора американского общественного мнения, который представлен Национальной ассоциацией промышленников и журналом «Сатердей ивнинг пост». Я говорю об американском общественном мнении потому, что, как американец, знаком с ним лучше всего; но торгаши не знают национальных границ.

Быть может, исторические корни настоящего положения вещей станут яснее, если вспомнить, что I промышленная революция — революция «темных сатанинских фабрик»[2] — была обесценением человеческих рук вследствие конкуренции машин. Любая заработная плата, на которую мог бы прожить землекоп в Соединенных Штатах, будет слишком высока, чтобы позволить ему конкурировать с экскаватором. Современная промышленная революция должна обесценить человеческий мозг, по крайней мере в его наиболее простых и рутинных функциях. Разумеется, подобно тому как квалифицированный плотник, квалифицированный механик или квалифицированный портной пережили так или иначе I промышленную революцию, квалифицированный ученый и квалифицированный администратор могут пережить и вторую. Но представим себе, что вторая революция завершена. Тогда средний человек со средними или еще меньшими способностями не сможет предложить для продажи ничего, за что стоило бы платить деньги.

[1] В период борьбы с фашизмом президент США Ф.Д.Рузвельт выставил лозунг «четырех свобод» (слова, совести, «от нужды», «от страха»). — *Прим. ред.*

[2] Слова известного английского художника и поэта Уильяма Блейка (1757–1827), современника I промышленной революции (поэма «Иерусалим»). — *Прим. ред.*

Выход один — построить общество, основанное на человеческих ценностях, отличных от купли-продажи. Для строительства такого общества потребуется большая подготовка и большая борьба, которая при благоприятных обстоятельствах может вестись в идейной плоскости, а в противном случае — кто знает как? Поэтому я счел своим долгом передать мои сведения и мое понимание положения тем, кто активно заинтересован условиями и будущим труда, т.е. профсоюзам. Я принял меры к установлению контактов с одним-двумя лицами из руководства Конгресса производственных профсоюзов. Они выслушали меня с большим пониманием и сочувствием. Более этого ни я, ни они сделать не смогли. По их мнению, как и по моим предыдущим наблюдениям и сведениям, профсоюзы и рабочее движение в Соединенных Штатах и в Англии находятся в руках группы весьма ограниченных лиц, хорошо разбирающихся в специальных вопросах деятельности цеховых старост и борьбы за заработную плату и условия работы, но совершенно не подготовленных для занятия большими политическими, техническими, социологическими и экономическими проблемами, касающимися самого существования труда. Причины ясны. Профсоюзный работник, переходя от напряженной жизни рабочего к напряженной жизни администратора, обычно лишен возможности получить широкое образование. Тех же, кто имеет такое образование, обычно не привлекает карьера профсоюзного деятеля. В свою очередь, профсоюзы, вполне естественно, не заинтересованы в приеме таких людей.

Те из нас, кто способствовал развитию новой науки — кибернетики, находятся, мягко говоря, не в очень-то утешительном моральном положении. Эта новая наука, которой мы помогли возникнуть, ведет к техническим достижениям, создающим, как я сказал, огромные возможности для добра и для зла. Мы можем передать наши знания только в окружающий нас мир, а это — мир Бельзена и Хиросимы. Мы даже не имеем возможности задержать новые технические достижения. Они носятся в воздухе, и самое большее, чего добился бы кто-либо из нас своим отказом от исследований по кибернетике, был бы переход всего дела в руки самых безответственных и самых корыстных из наших инженеров. Самое лучшее, что мы можем сделать, — это позаботиться о том, чтобы широкая публика понимала общее направление и значение этой работы, и ограничиться в своей собственной деятельности такими далекими от войны и эксплуатации областями, как физиология и

психология. Как упоминалось выше, есть и такие, кто надеется, что польза от лучшего понимания человека и общества, которое дает эта новая наука, сможет предупредить и переносить наше невольное содействие концентрации власти (которая всегда — по самим условиям своего существования — сосредоточивается в руках людей, наиболее неразборчивых в средствах). Но я пишу это в 1947 г. и должен заявить, что надежда на такой исход очень слаба.

Автор желает выразить благодарность г-ну Уолтеру Питтсу, г-ну Оливеру Селфриджу, г-ну Жоржу Дюбе и г-ну Фредерику Уэюстеру за помощь при корректировании рукописи и подготовке материала к изданию.

Национальный институт кардиологии,
г. Мехико.

Ноябрь, 1947 г.

ВЕЛИКИЙ ПАРЛАМЕНТ ИНСТИНКТОВ[1]

Как все в единство сплетено,
Одно в другом воплощено!
Гёте

Как мы видели в предыдущей главе, эволюционный процесс ритуализации всегда создает новый, автономный инстинкт, который вторгается в общую систему всех остальных инстинктивных побуждений в качестве независимой силы. Его действие, которое, как мы знаем, первоначально всегда состоит в передаче сообщения — в «коммуникации»,— может блокировать пагубные последствия агрессии уже тем, что делает возможным взаимопонимание сородичей. Не только у людей ссоры часто возникают из-за того, что один *ошибочно* полагает, будто другой хочет причинить ему зло. Уже в этом состоит чрезвычайная важность ритуала для нашей темы. Но кроме того — как это станет еще яснее на примере триумфального крика гусей, — новый инстинкт в качестве самостоятельного побуждения может приобрести такую мощь, что оказывается в состоянии успешно выступать против агрессии в Великом Парламенте Инстинктов. Чтобы объяснить, как действует ритуал, блокируя агрессию, но не ослабляя ее по существу и не мешая ей способствовать сохранению вида — о чем мы говорили в третьей главе, — необходимо сказать кое-что о системе взаимодействий инстинктов вообще. Эта система напоминает *парламент* тем, что представляет собой более или менее целостную систему взаимодействий между множеством независимых переменных, а также и тем, что ее истинно демократическая процедура произошла из исторического опыта — и хотя не всегда приводит к полной гармонии, но создает, по крайней мере, терпимые компромиссы между различными интересами.

[1] *Лоренц К.* Агрессия. — М., 1994. — С. 91–113, 144–160, 169–217, 233–256.

Что же такое «отдельный» инстинкт? К названиям, которые часто употребляются и в обыденной речи для обозначения различных инстинктивных побуждений, прилипло вредное наследие «финалистического» мышления. Финалист — в худом значении этого слова — это человек, который путает вопрос «почему?» с вопросом «зачем?», и в результате полагает, будто, указав значение какой-либо функции для сохранения вида, он уже решил проблему ее причинного возникновения. Легко и заманчиво постулировать наличие особого побуждения, или инстинкта, для любой функции, которую легко определить и важность которой для сохранения вида совершенно ясна, как, скажем, питание, размножение или бегство. Как привычен оборот «инстинкт размножения»! Только не надо себя уговаривать — как, к сожалению, делают многие исследователи, — будто эти слова *объясняют* соответствующее явление. Понятия, соответствующие таким определениям, ничуть не лучше понятий «флогистона» или «боязни пустоты» («horior vacui»), которые лишь называют явления, но «лживо притворяются, будто содержат их объяснение», как сурово сказал Джон Дьюи. Поскольку мы в этой книге стремимся найти причинные объяснения *нарушениям функции* одного из инстинктов — инстинкта агрессии, — мы не можем ограничиться желанием выяснить лишь «зачем» нужен этот инстинкт, как это было в третьей главе. Нам необходимо понять его нормальные причины, чтобы разобраться в причинах его нарушений и, по возможности, научиться устранять эти нарушения.

Активность организма, которую можно назвать по ее функции — питание, размножение или даже самосохранение, — конечно же, никогда не бывает результатом лишь одной-единственной причины или одного-единственного побуждения. Поэтому ценность таких понятий, как «инстинкт размножения» или «инстинкт самосохранения», столь же ничтожна, сколько ничтожна была бы ценность понятия некоей особой «автомобильной силы», которое я мог бы с таким же правом ввести для объяснения того факта, что моя старая добрая машина все еще ездит. Но кто платит за ремонты, в результате которых это возможно, — тому и в голову не придет поверить в эту мистическую силу: тут дело в ремонтах! Кто знаком с патологическими нарушениями врожденных механизмов поведения — эти механизмы мы и называем инстинктами, — тот никогда не подумает, будто животными, и даже людьми, руководят какие-либо направляющие факторы, которые постижимы лишь с точки зрения конечного результата, а причинному объяснению не поддаются и не нуждаются в нем.

Поведение, единое с точки зрения функции — например, питание или размножение, — всегда бывает обусловлено очень сложным взаимодействием очень многих физиологических причин. Изменчивость и Отбор, конструкторы эволюции, это взаимодействие «изобрели» и основательно испытали его. Иногда все физиологические причины в нем способны взаимно уравновешиваться; иногда одна из них влияет на другую в большей мере, нежели подвержена обратному влиянию с ее стороны; некоторые из них сравнительно независимы от общей системы взаимодействий и влияют на нее сильнее, нежели она на них. Хорошим примером таких элементов, относительно независимых от целого, являются кости скелета.

В сфере поведения наследственные координации, или инстинктивные действия, являются элементами, явно независимыми от целого. Будучи столь же неизменными по форме, как крепчайшие кости скелета, каждое из них имеет свою особенную власть над всем организмом. Каждое — как мы уже знаем — энергично требует слова, если ему пришлось долго молчать, и вынуждает животное или человека активно искать такую ситуацию, которая стимулирует и заставляет произвести именно это инстинктивное действие, а не какое-либо иное. Поэтому было бы большой ошибкой полагать, будто всякое инстинктивное действие, видосохраняющая функция которого служит, например, добыванию пищи, непременно должно быть обусловлено голодом. Мы знаем по своим собакам, что они с величайшим азартом вынюхивают, рыщут, гоняют, хватают и рвут, когда вовсе не голодны; каждому любителю собак известно, что азартного пса-охотника *нельзя*, к сожалению, отучить от его страсти никакой кормежкой. То же справедливо в отношении инстинктивных действий захвата добычи у кошек, в отношении известных «промеров» у скворцов, которые выполняются почти беспрерывно и совершенно независимо от того, насколько скворец голоден, — короче, в отношении всех малых служителей сохранения вида, будь то бег, полет, укус, удар, умывание, рытье и т.п. Каждая наследственная координация обладает своей собственной спонтанностью и вызывает свое собственное поисковое поведение. Значит, эти малые частные побуждения совершенно независимы друг от друга? И составляют мозаику, функциональная целостность которой возникает лишь в ходе эволюции? В некоторых крайних случаях это может быть действительно так; еще недавно такие особые случаи считались общим правилом. В героические времена сравнительной этологии так и считалось,

что лишь *одно* побуждение всегда овладевает животным полностью и безраздельно. Джулиан Хаксли использовал красивое и меткое сравнение, которое я уже много лет цитирую в своих лекциях: он сказал, что человек или животное — это корабль, которым командует множество капитанов. У человека все эти командиры могут находиться на капитанском мостике одновременно, и каждый волен высказывать свое мнение; иногда они приходят к разумному компромиссу, который предлагает лучшее решение проблемы, нежели единичное мнение умнейшего из них; но иногда им не удается прийти к соглашению, и тогда корабль остается без всякого разумного руководства. У животных, напротив, капитаны придерживаются уговора, что в любой момент лишь один из них имеет право быть на мостике, так что каждый должен уходить, как только наверх поднялся другой. Последнее сравнение подкупающе точно описывает некоторые случаи поведения животных в конфликтных ситуациях, и потому мы тогда проглядели тот факт, что это лишь достаточно редкие особые случаи. Кроме того, простейшая форма взаимодействия между двумя соперничающими побуждениями проявляются именно в том, что одно из них попросту подавляется или выключается другим; так что было вполне закономерно и правильно для начала придерживаться простейших явлений, легче всего поддающихся анализу, хотя и не самых распространенных.

В действительности между двумя побуждениями, способными меняться независимо друг от друга, могут возникать любые мыслимые взаимодействия. Одно из них может односторонне поддерживать и усиливать другое; оба могут взаимно поддерживать друг друга; могут, не вступая в какое-либо взаимодействие, суммироваться в одном и том же поведенческом акте и, наконец, могут взаимно затормаживать друг друга. Кроме множества других взаимодействий, одно перечисление которых увело бы нас слишком далеко, существует, наконец, и тот редкий особый случай, когда слабейшее на данный момент из двух побуждений выключается более сильным, как в триггере, работающем по принципу Все-или-Ничего. Лишь один этот случай соответствует сравнению Хаксли, и лишь об одном-единственном побуждении можно сказать, что оно, как правило, подавляет все остальные, — о побуждении к бегству. Но даже и этот инстинкт достаточно часто находит себе хозяина.

Обычные, частые, многократно используемые «дешевые» инстинктивные действия, которые я выше назвал «малыми служителями сохранения вида», часто находятся в распоряжении *нескольких* «больших» инстинктов. Прежде всего действия перемещения —

бег, полет, плавание и т. д., — но также и другие действия, когда животное клюет, грызет, хватает и т.п., — могут служить и питанию, и размножению, и бегству, и агрессии, которые мы здесь назовем «большими» инстинктами. Поскольку они, таким образом, служат как бы инструментами различных систем высшего порядка и подчиняются им — прежде всего вышеупомянутой «большой четверке» — как источникам мотивации, я назвал их в другой работе *инструментальными* действиями. Однако это вовсе не означает, что такие действия лишены собственной спонтанности. Как раз наоборот, в соответствии с широко распространенным принципом естественной экономии необходимо, чтобы, скажем, у волка или у собаки спонтанное возникновение элементарных побуждений — вынюхивать, рыскать, гнать, хватать, рвать — было настроено приблизительно на те требования, какие предъявляет к ним голод (в естественных условиях). Если исключить голод в качестве побуждения — с помощью очень простой меры, постоянно наполняя кормушку самой лакомой едой, — то сразу выясняется, что животное нюхает, ищет след, бегает и гоняет почти так же, как и в том случае, когда вся эта деятельность необходима для удовлетворения потребности в пище. Но если собака очень голодна — она делает все это *измеримо* активнее. Таким образом, хотя вышеназванные инструментальные инстинкты имеют свою собственную спонтанность, но голод *побуждает* их к еще большей активности, чем они проявили бы сами по себе. Именно так: побуждение может быть побуждаемо!

Такая подверженность спонтанных функций стимулам, идущим откуда-то со стороны, — это в физиологии вовсе не исключение и не новость. Инстинктивное действие является реакцией — в тех случаях, когда оно следует в ответ на стимул какого-то внешнего раздражения или какого-то другого побуждения. Лишь при отсутствии таких стимулов оно проявляет собственную спонтанность.

Аналогичное явление уже давно известно для возбуждающих центров сердца. Сердечное сокращение в норме вызывается ритмичными автоматическими импульсами, которые вырабатывает так называемый синусно-предсердный узел — орган, состоящий из высокоспециализированной мышечной ткани и расположенный у входа кровотока в предсердие. Чуть дальше по ходу кровотока, у перехода в желудочек, находится второй подобный орган — предсердно-желудочный узел, к которому от первого ведет пучок мышечных волокон, передающих возбуждение. Оба узла производят импульсы, способные побуждать желудочек к сокращениям. Си-

нусный узел работает быстрее, чем предсердно-желудочковый, поэтому последний, при норм словиях, никогда не оказывается в состоянии вести себя спонтанно: каждый огда он медленно собирается выстрелить свой возбуждающи ульс, он получает толчок от своего «начальника» и стреляет чуть раньше, чем сделал бы это, будучи предоставлен сам себе. Таким образом «начал ик» навязывает «подчиненному» свой собственный рабочий ритм. Теперь проделаем классический эксперимент Станниуса и прервем связь между узлами, перерезав пучок, проводящий возбуждение; таким образом мы освобождаем предсердно-желудочковый узел от тирании синусного, и при этом первый из них делает то, что часто делают в таких случаях подчиненные, — перестает работать и ждет команды. Иными словами, сердце на какой-то момент замирает; это издавна называют «пред-автоматической паузой». После короткого отдыха предсердно-желудочковый узел вдруг «замечает», что он, собственно говоря, и сам прекрасно может выработать нужный стимул и через некоторое время послать его в сердечную мышцу. Раньше до этого никогда не доходило, потому что он всегда получал сзади толчок на какую-то долю секунды раньше.

В таких же отношениях, как предсердно-желудочковый узел с синусным, находится большинство инстинктивных действий с различными источниками мотиваций высших порядков. Здесь ситуация осложняется тем, что, во-первых, очень часто, как в случае с инструментальными реакциями, один слуга может иметь множество хозяев, а во-вторых — эти хозяева могут быть самой разной природы. Это могут быть органы, автоматически и ритмично производящие возбуждение, как синусный узел; могут быть рецепторы, внутренние и внешне, принимающие и передающие дальше — в форме импульсов — внешние и внутренние раздражения, к которым относятся и потребности тканей, как голод, жажда или недостаток кислорода. Это, наконец могут быть и железы внутренней секреции, гормоны которых стимулируют совершенно определенные нервные процессы. (Слово «гормон» происходит от греческого ορμάω, «побуждаю».) Однако такая деятельность, руководимая некоей высшей инстанцией, никогда не носит характер чистого «рефлекса», т.е. вся система инстинктивных действий ведет себя не как машина, которая — если не нужна — сколь угодно долго стоит без дела и «ждет», когда кто-нибудь нажмет на кнопку. Она, скорее, похожа на лошадь: ей нужны поводья и шпоры, чтобы подчиняться хозяину, но ее необходимо погонять ежедневно, чтобы избежать проявлений избыточной энергии, которые при определенных обстоятельствах могут стать поистине опасными, как, например, в случае инстинкта внутривидовой агрессии, интересующем нас прежде всего.

Как уже упоминалось, количество спонтанно возникающих инстинктивных действий всегда приблизительно соответствует ожидаемой потребности. Иногда было бы целесообразно рассчитать его более экономным образом, как, например, в случае с предсердно-желудочковым узлом, если он производит больше импульсов, чем «закупает» у него синусный узел; при этом у людей с неврозами возникает печально известная экстрасистола, т.е. излишнее сокращение желудочка, резко нарушающее нормальный сердечный ритм. В других случаях постоянное перепроизводство может быть безвредно и даже полезно. Если, скажем, собака бегает больше, чем ей необходимо для поиска пищи, или лошадь безо всяких внешних причин встает на дыбы, скачет и лягается (движения бегства и защиты от хищников) — это лишь здоровая тренировка и, следовательно, подготовка «на крайний случай».

Самое обильное «перепроизводство» инструментальных действий должно проявляться там, где наименее предсказуемо, какое их количество потребуется в каждом отдельном случае для выполнения видосохраняющей функции всей совокупности этих действий. Иногда охотящаяся кошка может быть вынуждена прождать у мышиной норки несколько часов, а в другой раз ей не придется ни ждать, ни подкрадываться — удастся в резком прыжке схватить мышь, случайно пробегающую мимо. Однако — как нетрудно себе представить и как можно убедиться, наблюдая кошек в естественной обстановке, — в среднем кошке приходится очень долго и терпеливо ждать и подкрадываться, прежде чем она получит возможность выполнить заключительное действие: убить и съесть свою добычу. При наблюдении такой последовательности действий легко напрашивается неверная аналогия с целенаправленным поведением человека, и мы невольно склоняемся к предположению, что кошка выполняет свои охотничьи действия только «насыщения ради». Можно экспериментально доказать, что это не так. Лейхаузен давал кошке-охотнице одну мышь за другой и наблюдал, в какой последовательности выпадали отдельные действия поимки и поедания добычи. Прежде всего кошка перестала есть, но убила еще несколько мышей и бросила их. Затем ей расхотелось убивать, но она продолжала скрадывать мышей и ловить их. Еще позже, когда истощились и действия ловли, подопытная кошка еще не перестала выслеживать мышей и подкрадываться к ним, причем

интересно, что она всегда выбирала тех, которые бегали на возможно большем удалении от нее, в противоположном углу комнаты, и не обращала внимания на тех, что ползали у нее под самым носом.

В этом исследовании легко подсчитать, сколько раз производится каждое из упомянутых частичных действий, пока не исчерпается. Полученные числа находятся в очевидной связи со средней нормальной потребностью. Само собой разумеется, что кошке приходится очень часто ждать в засаде и подкрадываться, прежде чем она вообще сможет подобраться к своей добыче настолько, что попытка поймать ее будет иметь хоть какой-то шанс на успех. Лишь после многих таких попыток добыча попадает в когти, и ее можно загрызть, но это тоже не всегда получается с первого раза, так что должно быть предусмотрено несколько смертельных укусов на каждую мышь, которую предстоит съесть. Таким образом, производится ли какое-то из частичных действий только по его собственному побуждению или по какому-либо еще — и по какому именно, — в сложном поведении подобного рода зависит от всех условий, определяющих «спрос» на каждое отдельное действие. Насколько я знаю, впервые эту мысль четко высказал детский психиатр Рене Шпиц. Он наблюдал, что у грудных детей, получавших молоко в бутылочках, из которых оно слишком легко высасывалось, после полного насыщения и отказа от этих бутылочек оставался нерастраченный запас сосательных движений; им приходилось отрабатывать его на каком-нибудь замещающем объекте. Очень похоже обстоит дело с едой и добыванием пищи у гусей, когда их держат в пруду, где нет такого корма, который можно было бы доставать со дна. Если кормить гусей только на берегу, то рано или поздно можно будет увидеть, что они ныряют «вхолостую». Если же кормить их на берегу каким-нибудь зерном до полного насыщения — пока не перестанут есть, — а затем бросить то же зерно в воду, птицы тотчас же начнут нырять и поедать поднятую из воды пищу. Здесь можно сказать, что они «едят, чтобы нырять». Можно провести и обратный эксперимент: долгое время давать гусям корм только на предельной доступной им глубине, чтобы им приходилось доставать его, ныряя, с большим трудом. Если кормить их таким образом до тех пор, пока они не перестанут есть, а затем дать им ту же пищу на берегу — они съедят еще порядочное количество, и тем самым докажут, что и перед тем они «ныряли, чтобы есть».

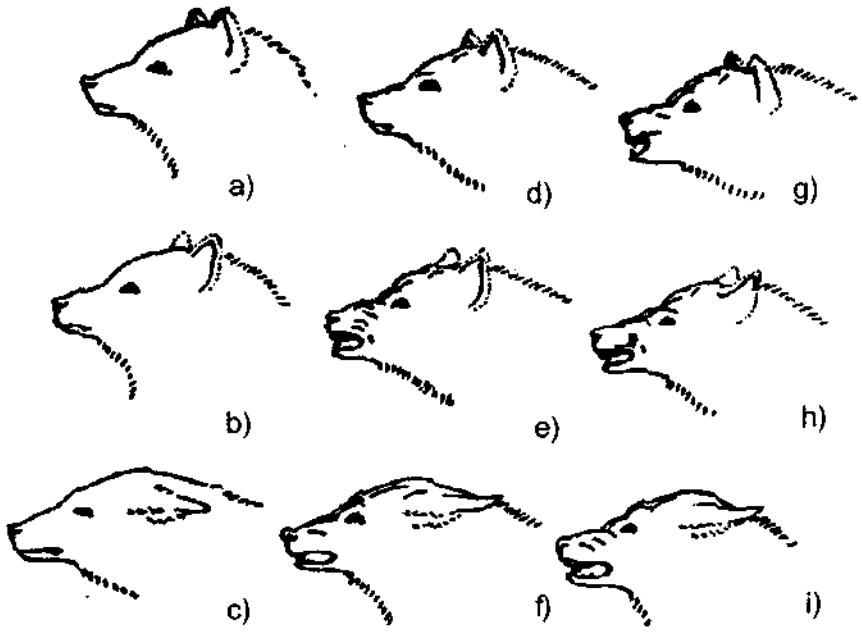
В результате, совершенно невозможно какое-либо обобщенное утверждение по поводу того, какая из двух спонтанных мотивирующих инстанций побуждает другую или доминирует над нею.

До сих пор мы говорили о взаимодействии лишь таких частичных побуждений, которые вместе выполняют какую-то общую функцию, в нашем примере — питание организма. Несколько иначе складываются отношения между источниками побуждений, которые выполняют разные функции и потому принадлежат к системам разных инстинктов. В этом случае правилом является не взаимное усиление или поддержка, а как бы соперничество: каждое из побуждений «хочет оказаться правым». Как впервые показал Эрих фон Хольт, уже на уровне мельчайших мышечных сокращений несколько стимулирующих элементов могут не только соперничать друг с другом, но — что важнее — за счет закономерного взаимного влияния могут создавать разумный компромисс. Такое влияние состоит — в самых общих чертах — в том, что *каждый* из двух эндогенных ритмов стремится навязать другому свою собственную частоту и удерживать его в постоянном фазовом сдвиге. То, что все нервные клетки, иннервирующие волокна какой-либо мышцы, всегда рациональным образом выстреливают свои импульсы в один и тот же момент, — это результат такого взаимного влияния. Если оно нарушается, то начинаются фибриллярные мышечные спазмы, какие часто можно наблюдать при крайнем нервном утомлении. На более высоком уровне интеграции при движении конечности — например, рыбьего плавника — те же процессы приводят к рациональному взаимодействию мышц-«антагонистов», которые попеременно двигают соответствующие части тела в противоположных направлениях. Каждое ритмичное циклическое движение плавника, ноги или крыла, какие мы встречаем при любом движении животных, — это работа «антагонистов»; не только мышц, но и возбуждающих нервных центров. Эти движения всегда являются следствиями «конфликтов» между независимыми и соперничающими источниками импульсов, энергии которых упорядочиваются и направляются к общему благу закономерностями «относительной координации», как назвал фон Хольст процесс взаимного влияния, о котором идет речь.

Итак, не «война — всему начало», а, скорее, конфликт между независимыми друг от друга источниками импульсов, который создает внутри целостной структуры напряжения, работающие буквально как напряженная арматура, придавая целому прочность и устойчивость. Это относится не только к такой простой функции,

как движение плавника, на которой фон Хольст открыл закономерности относительной координации; испытанные парламентские правила вынуждают великое множество источников всевозможных побуждений присоединять свои голоса к гармонии, служащей общему благу.

В качестве простого примера нам могут здесь послужить движения лицевой мускулатуры, которые можно наблюдать у собаки в конфликте между побуждениями нападения и бегства. Эта мимика, которую принято называть *угрожающей*, вообще появляется лишь в том случае, если тенденция к нападению тормозится страхом, хотя бы малейшим. Если страха нет, то собака кусает безо всякой угрозы, с такой же спокойной физиономией, какая изображена в левом верхнем углу иллюстрации; она выдает лишь небольшое напряжение, примерно такое же, с каким собака смотрит на только что принесенную миску с едой. Если читатель хорошо знает собак, он может попытаться самостоятельно проинтерпретировать выражения собачьей морды, изображенные на иллюстрации, прежде чем читать дальше. Попробуйте представить себе ситуацию, в которой ваша собака состроит такую мину. А потом — второе упражнение — попытайтесь предсказать, что она станет делать дальше.



Для некоторых картинок я приведу решение сам. Я предположил бы, что пес в середине верхнего ряда противостоит примерно равному сопернику, которого всерьез уважает, но не слишком боится; тот, как и он сам, вряд ли отважится напасть. В отношении их последующего поведения я бы сказал, что они оба с минуту останутся в той же позе, затем медленно разойдутся, «сохраняя лицо», и наконец, на некотором расстоянии друг от друга, одновременно задерут заднюю лапу. Пес вверху справа тоже не боится, но злее; встреча может протекать, как описано выше, но может внезапно и шумно перейти в серьезную драку, особенно если второй проявит хоть какую-то неуверенность. Вдумчивый читатель — а таков, вероятно, каждый, кто дочитал книгу до этого места, — давно уже заметил, что собачьи портреты размещены на иллюстрации в определенном порядке: агрессия растет слева направо, а страх — сверху вниз.

Истолкование поведения и его предсказание легче всего в крайних случаях; и конечно же, выражение, изображенное в правом нижнем углу, совершенно однозначно. *Такая* ярость и *такой* страх могут одновременно возникнуть в одном-единственном случае: собака противостоит ненавистному врагу, вызывающему у нее панический страх, и находящемуся совсем рядом, — но по какой-то причине *не может* бежать. Я могу себе представить лишь две ситуации, в которых это возможно: либо собака механически привязана к определенному месту — скажем, загнана в угол, попала в западню и т.п., — либо это сука, которая защищает свой выводок от приближающегося врага. Пожалуй, возможен еще такой романтический случай, что особенно верный пес защищает своего лежащего, тяжелобольного или раненого хозяина.

Столь же ясно, что произойдет дальше: если враг, как бы он ни был подавляюще силен, приблизится еще хоть на шаг — последует отчаянное нападение, «критическая реакция» (Хедигер).

Мой понимающий собак читатель сейчас проделал в точности то, что этологи — вслед за Н. Тинбергеном и Я. ван Йерселем — называют мотивационным анализом. Этот процесс в принципе состоит из трех этапов, где информация получается из трех источников. Во-первых, стараются по возможности обнаружить всевозможные стимулы, заключенные в некоторой ситуации. Боится ли мой пес другого, а если да — как сильно? Ненавидит он его или почитает как старого друга и «вожака стаи»?.. И так далее, и так далее. Во-вторых, стремятся разложить движение на составные части. На нашей иллюстрации с собаками видно, как тенденция бег-

ства оттягивает назад и книзу уши и углы рта, в то время как при агрессии приподнимается верхняя губа и приоткрывается пасть — оба эти «движения замысла» являются подготовкой к укусу. Такие движения — и соответственно позы — хорошо поддаются количественному анализу. Можно измерить их амплитуду и утверждать, что такая-то собака на столько-то миллиметров напугана и на столько-то рассержена. После этого анализа движений следует третий этап: подсчитываются те действия, которые *следуют* за выявленными движениями. Если верно наше заключение, выведенное из анализа ситуаций и движений, что, скажем, верхний правый пес только разъярен и вряд ли напуган, — за этим выразительным движением почти всегда должно следовать нападение, а бегство почти никогда. Если верно, что у собаки, помещенной в центре (рис.е), ярость и страх смешаны примерно поровну, то за такой мимикой примерно в половине случаев должно следовать нападение, а в половине — бегство. Тинберген и его сотрудники провели огромное количество таких мотивационных анализов на подходящих объектах, прежде всего на угрожающих движениях чаек; соответствие утверждений, полученных из трех названных выше источников, доказало правильность выводов на обширнейшем статистическом материале.

Когда молодым студентам, хорошо знающим животных, начинают преподавать технику мотивационного анализа, они часто бывают разочарованы: трудоемкая работа, долгие статистические расчеты в итоге приводят лишь к тому, что и так давно уже знает каждый разумный человек, умеющий видеть и знающий своих животных. Однако видение и доказанное знание — это разные вещи; именно здесь проходит граница между искусством и наукой. Ученого, ищущего доказательств, великий ясновидец слишком легко считает «несчастнейшим из смертных» — и наоборот, использование непосредственного восприятия в качестве источника познания кажется ученому-аналитику в высшей степени подозрительным. В исследовании поведения существует даже школа — ортодоксальный американский бихевиоризм, — которая всерьез пытается исключить из своей методики непосредственное наблюдение животных. Право же, стоит потрудиться ради того, чтобы доказать «незрячим», но разумным людям все то, что мы увидели; доказать так, чтобы им пришлось поверить, чтобы *каждый* поверил!

С другой стороны, статистический анализ может обратить наше внимание на несоответствия, до сих пор ускользавшие от нашего образного восприятия. Оно устроено так, что *раскрывает закономерности* и потому всегда все видит более красивым и правильным, чем на самом деле. Решение проблемы, предлагаемое нам восприятием, часто носит характер хотя и очень «элегантной», но слишком уж упрощенной рабочей гипотезы. Как раз в случае исследования мотиваций рациональному анализу нередко удается придраться к образному восприятию и уличить его в ошибках.

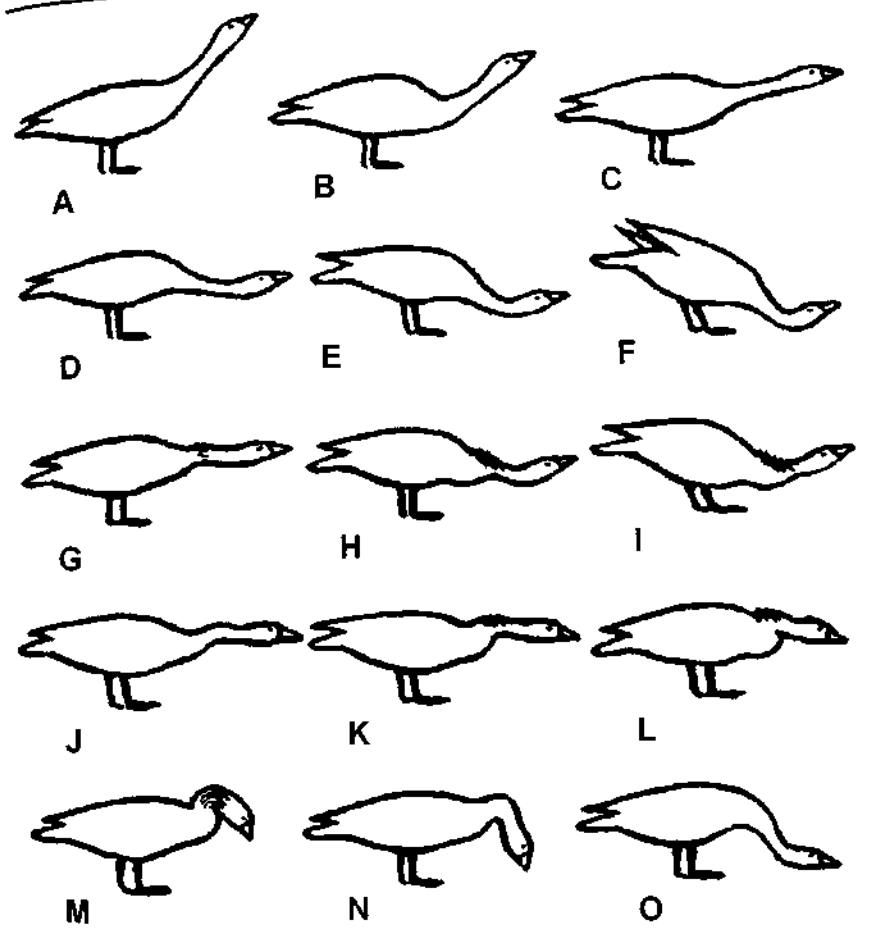
В большей части всех проведенных до сих пор мотивационных анализов исследовались поведенческие акты, в которых принимают участие лишь два взаимно соперничающих инстинкта, причем, как правило, два из «большой четверки» (голод, любовь, бегство и агрессия). При изучении конфликтов между побуждениями, сознательный выбор простейших по возможности случаев вполне оправдывается нынешним скромным уровнем наших знаний. Точно так же правы были классики этологии, когда ограничивались лишь теми случаями, в которых животное находится под влиянием одного-единственного побуждения. Но мы должны ясно понимать, что поведение, определяемое только двумя компонентами побуждений, — это поистине редкость; оно встречается лишь немногим чаще, чем такое, которое вызывается только одним инстинктом, действующим без всяких помех.

Поэтому, при поисках подходящего объекта для образцово точного мотивационного анализа правильно поступает тот, кто выбирает поведение, о котором с некоторой достоверностью известно, что в нем принимают участие только два инстинкта одинакового веса. Иногда для этого можно использовать технический трюк, как это сделала моя сотрудница Хельга Фишер, проводя мотивационный анализ угрозы у серых гусей. Оказалось, что на родном озере наших гусей, Эсс-зее, взаимодействие агрессии и бегства в чистом виде изучать невозможно, так как в выразительных движениях птиц там «высказывается» слишком много других мотиваций, прежде всего сексуальных. Но несколько случайных наблюдений показали, что голос сексуальности почти совсем замолкает, если гуси находятся в незнакомом месте. Тогда они ведут себя примерно также, как перелетная стая в пути: держатся гораздо теснее, становятся гораздо пугливее, и в своих социальных конфликтах позволяют наблюдать проявления обоих исследуемых инстинктов в более чистых формах. Учитывая все это, Фишер с помощью дрессировки кормом сумела научить наших гусей «по приказу» выходить на чужую для них местность, которую она выбирала за оградой Института, и пастись там. Затем из гусей, каждый из которых, разумеется, известен по сочетанию разноцветных колец,

выбирался какой-то один — как правило, гусак, — и в течение долгого времени наблюдались его агрессивные столкновения с товарищами по стаду, причем регистрировались все замеченные выразительные движения угрозы. А поскольку из предыдущих многолетних наблюдений за этим стадом были во всех подробностях известны отношения между отдельными птицами в смысле иерархии и силы — особенно среди старых гусаков высоких рангов, — здесь представлялась особенно хорошая возможность точного анализа ситуаций. Анализ движений и регистрация последующего поведения происходили следующим образом. Хельга Фишер постоянно имела при себе приведенную здесь «таблицу образцов», которую составил художник нашего Института Герман Кахер на основании точно запротоколированных случаев угрозы, так что в каждом конкретном случае ей приходилось лишь продиктовать: «Макс сделал *D* Гермесу, который пасся и медленно приближался к нему; Гермес ответил *E*, на что Макс ответил *F*». Серия иллюстраций приводит настолько тонкие различия угрожающих жестов, что лишь в исключительных случаях приходилось обозначать замеченную позу как *D*–*E* или *K*–*L*, если нужно было описать промежуточную форму.

Даже при этих условиях, почти идеальных для «чистой культуры» двух мотиваций, иногда появлялись движения, которые *нельзя* было объяснить только взаимодействием этих двух побуждений. Про угрожающие движения *A* и *B*, когда шея вытянута вперед и вверх, мы знаем, что на оба побуждения накладывается независимое третье — стремление к охранному наблюдению с поднятой головой. Различия между рядами *A*–*C* и *D*–*F*, в каждом из которых представлено возрастание слева направо социального страха на фоне примерно равной агрессивности, состоит, по-видимому, лишь в разной интенсивности обоих побуждений. Напротив, в отношении форм *M*–*O* совершенно ясно, что в них принимает участие еще какая-то мотивация, природа которой пока не выяснена.

Как уже сказано, отыскивать в качестве объектов мотивационного анализа такие случаи, где принимают участие только два источника побуждений, — это, безусловно, правильная стратегия исследований. Однако даже при таких благоприятных условиях необходимо внимательно и постоянно высматривать элементы движений, которые *нельзя* объяснить лишь соперничеством этих двух побуждений. Перед началом любого такого анализа нужно ответить на первый и основной вопрос: сколько мотиваций принимают участие в данном действии и какие именно. Для решения этой задачи многие ученые, как например П. Випкема, в последнее время с успехом применяли точные методы факторного анализа.



Изящный пример мотивационного анализа, в котором с самого начала нужно было принимать в расчет *три* главных компонента, представила в своей докторской диссертации моя ученица Беатриса Элерт. Предметом исследования было поведение некоторых цихлид при встрече двух незнакомых особей. Выбирались такие виды, у которых самцы и самки почти не отличаются внешне, и именно поэтому два незнакомца всегда реагируют друг на друга действиями, которые мотивируются одновременно бегством, агрессией и сексуальностью. У этих рыб движения, обусловленные каждым отдельным источником мотивации, различаются особенно легко, потому что даже при самой малой интенсивности их харак-

теризует разная ориентация в пространстве. Все сексуально мотивированные действия — копание ямки под гнездо, очистка гнезда, само выметывание икры и ее осеменение — направлены в сторону дна; все движения бегства, даже малейшие намеки на них, направлены прочь от противника и, большей частью, одновременно к поверхности воды, а все движения агрессии — за исключением некоторых угрожающих движений, в какой-то степени «отягощенных бегством», — ориентированы в обратном направлении. Если знать эти общие правила и вдобавок специальную мотивацию некоторых ритуализованных выразительных движений, то у этих рыб можно очень точно установить соотношение, в котором находятся названные инстинкты, определяя их поведение в данный момент. Здесь помогает еще и то, что многие из них в сексуальном, агрессивном или боязливом настроении наряжаются в разные характерные цвета.

Этот мотивационный анализ дал неожиданный побочный результат — Беатриса Элерт открыла механизм взаимного распознавания полов, который имеется, конечно, не только у этих рыб, но и у очень многих других позвоночных. У исследованных рыб самка и самец не только внешне похожи друг на друга; их движения, даже при половом акте — при выметывании икры и ее осеменении — совпадают до мельчайших деталей. Поэтому до сих пор было совершенно загадочно, что же в поведении этих животных препятствует у них возникновению однополых пар. К важнейшим требованиям, какие предъявляются наблюдательности этолога, относится и то, что он должен заметить, если какое-либо широко распространенное действие у определенного животного, или группы животных, *не* встречается. Например, у птиц и у рептилий отсутствует координация широкого открывания пасти с одновременным глубоким вдохом — то, что мы называем зевотой, — и это таксономически важный факт, которого никто до Хейнрота не заметил. Можно привести и другие подобные примеры.

Поэтому открытие, что разнополые пары у цихлид возникают благодаря отсутствию одних элементов поведения у самцов и других у самок — это поистине шедевр точного наблюдения. У рыб, о которых идет речь, *сочетаемость* трех главных инстинктов — агрессии, бегства и сексуальности — у самцов и у самок различна: у самцов не бывает смеси мотиваций бегства и сексуальности. Если самец хоть чуточку боится своего партнера, то его сексуальность выключается полностью. У самок то же соотношение между сексуальностью и агрессивностью: если дама не настолько «уважает» своего партнера, чтобы ее агрессивность была полностью подавлена, она попросту не в состоянии проявить по отношению к нему сексуальную реакцию. Она превращается в Брунгильду и нападает на него тем яростнее, чем более готова была бы к сексуальной реакции, т.е. чем ближе она к икрометанию в смысле состояния овариев и уровня выделения гормонов. У самца, напротив, агрессия прекрасно уживается с сексуальностью: он может грубейшим образом нападать на свою невесту, гонять ее по всему аквариуму, но при этом демонстрирует и чисто сексуальные движения, и все смешанные, какие только можно себе представить. Самка может очень бояться самца, но ее сексуально мотивированных действий это не подавляет. Она может совершенно всерьез удирать от самца, но при каждой передышке, какую дает ей этот грубиян, будет выполнять сексуально-мотивированные брачные движения. Именно такие смешанные формы действий, обусловленные бегством и сексуальностью, превратились посредством ритуализации в те широко распространенные церемонии, которые принято называть «чопорным» поведением и которые имеют совершенно определенный смысл.

Из-за различных соотношений сочетаемости между тремя источниками побуждений у разных полов, самец может спариваться только с партнером низшего ранга, которого он может запугать, а самка — наоборот — лишь с партнером высшего ранга, который может запугать ее; тем самым описанный механизм поведения обеспечивает создание разнополых пар. В различных вариантах, видоизмененный различными процессами ритуализации, этот способ распознавания пола играет важную роль у очень многих позвоночных, вплоть до человека. В то же время это впечатляющий пример того, какие задачи, необходимые для сохранения вида, может выполнять агрессия в гармоничном взаимодействии с другими мотивациями. В 3-й главе мы еще не могли говорить об этом, поскольку недостаточно знали о парламентской борьбе инстинктов. Кроме того, мы видим на этом примере, насколько различны могут быть соотношения «главных» инстинктов даже у самца и самки одного и того же вида: два мотива, которые у одного пола практические[1] не мешают друг другу и сочетаются в любых соотношениях, у другого взаимно выключаются по принципу триггера.

[1] В оригинале опечатка: вместо слова «практические» следует читать «практически». — *Прим. ред.*

Как уже пояснялось, «большая четверка» отнюдь не всегда поставляет главную мотивацию поведения животного, а тем более человека. И совершенно неправильно полагать, будто между одним из «главных», древних инстинктов и более специальным, эволюционно более молодым инстинктом всегда существует отношение доминирования, в том смысле, что второй выключается первым. Механизмы поведения, которые, вне всяких сомнений, возникли «совсем недавно»— например, социальные инстинкты у общественных животных, обеспечивающие постоянное сохранение стаи, — у многих видов подчиняют отдельную особь настолько, что при определенных обстоятельствах могут заглушить все остальные побуждения. Овцы, прыгающие в пропасть за вожаком-бараном, вошли в пословицу! Серый гусь, отставший от стаи, делает все возможное, чтобы вновь ее обрести, и стадный инстинкт может даже пересилить стремление к бегству; дикие серые гуси неоднократно присоединялись к нашим прирученным — в непосредственной близости к людскому жилью — *и оставались*! Кто знает, насколько пугливы дикие гуси, тому эти случаи дадут представление о силе их «стадного инстинкта». То же справедливо для очень многих общественных животных вплоть до шимпанзе, о которых Йеркс справедливо заметил: «*Один* шимпанзе — вообще не шимпанзе».

Даже те инстинкты, которые «только что» (с точки зрения филогенеза) приобрести самостоятельность через ритуализацию и, как я постарался показать в предыдущей главе, получили место и голос в Великом Парламенте Инстинктов в качестве самых молодых депутатов, — даже они при соответствующих обстоятельствах могут заглушить всех своих оппонентов точно так же, как Голод и Любовь. В триумфальном крике гусей мы увидим церемонию, которая управляет жизнью этих птиц больше, чем любой другой инстинкт. С другой стороны, разумеется, существует сколько угодно ритуализованных действий, которые еще едва обособились от своего неритуализованного прототипа; их скромное влияние на общее поведение состоит лишь в том, что «желательная» для них координация движений — как мы видели в случае натравливания у огарей — становится в какой-то мере предпочтительной и используется чаще, чем другие, тоже возможные формы.

«Сильный» или «слабый» голос имеет ритуализованное действие в общем концерте инстинктов — оно во всех случаях чрезвычайно затрудняет любой мотивационный анализ, потому что может *симулировать* поведение, вытекающее из нескольких независимых по-

буждений. В предыдущей главе мы говорили, что ритуализованное действие, сплавленное в некоторую общность из различных компонентов, *копирует* форму последовательности движений, которая не является наследственно закрепленной и часто возникает из конфликта нескольких побуждений, как это видно на примере натравливания уток. А поскольку, как уже говорилось там же, копия и оригинал по большей части накладываются друг на друга в одном и том же движении, то чрезвычайно трудно разобраться, сколько же в нем от копии, а сколько от оригинала. Только когда один из первоначально независимых компонентов оказывается в противоречии с ритуально закрепленной координацией, — как направление на «врага», которому адресована угроза в случае натравливания, — тогда становится явным участие новых независимых переменных.

«Танец зигзага» у самцов колюшки, на котором Ян ван Йерсель провел самый первый эксперимент мотивационного анализа, служит прекрасным примером того, как совсем «слабый» ритуал может вкрасться в конфликт двух «главных» инстинктов в качестве едва заметной третьей величины. Ван Йерсель заметил, что замечательный танец зигзага, который половозрелые самцы, имеющие свой участок, исполняют перед каждой проплывающей мимо самкой, и который поэтому до тех пор считался просто «ухаживанием», — от случая к случаю выглядит совершенно по-разному. Оказалось, что иногда сильнее подчеркнут «зиг» в сторону самки, а иногда «заг» прочь от нее. Если это последнее движение очень явственно, то становится очевидным, что «заг» направлен в сторону гнезда. В одном из предельных случаев самец при виде плывущей мимо самки быстро подплывает к ней, тормозит, разворачивается — особенно если самка тотчас поставит ему свое распухшее брюшко — и плывет назад к входу в гнездо, которое затем показывает самке посредством определенной церемонии (ложась плоско на бок). В другом предельном случае, особенно частом если самка еще не совсем готова к нересту, за первым «зигом» вообще не следует никакого «зага», а вместо того — нападение на самку.

Из этих наблюдений ван Йерсель правильно заключил, что «зиг» в сторону самки мотивируется агрессивным инстинктом, а «заг» в сторону гнезда— сексуальным; и ему удалось экспериментально доказать правильность этого заключения. Он изобрел методы, с помощью которых мог точно измерять силу агрессивного и сексуального инстинктов у каждого данного самца. Самцу предлагались макеты соперника стандартизованных размеров и регистрировалась

интенсивность и продолжительность боевой реакции. Сексуальный инстинкт измерялся с помощью макетов самки, которые внезапно убирались через определенное время. В этих случаях самец «разряжает» внезапно заблокированный сексуальный инстинкт, совершая действия ухаживания за потомством, т.е. обмахивая плавниками как бы икру или мальков в гнезде; и продолжительность этого «заменяющего обмахивания» дает надежную меру сексуальной мотивации. Ван Йерсель научился предсказывать по результатам таких измерений, как будет выглядеть танец зигзага у данного самца, — и наоборот, по наблюдаемой форме танца заранее оценивать соотношения обоих инстинктов и результаты будущих измерений.

Но кроме обоих главных побуждений, определяющих движения самца колюшки в общих чертах, — на них оказывает влияние еще какое-то третье, хоть и более слабое. Это знаток ритуализованного поведения заподозрит сразу же, увидев ритмическую правильность смены «зигов» и «загов». Попеременное преобладание одного из двух противоречивых побуждений вряд ли может привести к столь регулярной смене направлений, если здесь не вступает в игру новая, ритуализованная координация. Без нее короткие рывки в разных направлениях следует друг за другом с типичной случайностью, как это бывает у людей в состоянии крайней растерянности. Ритуализованное движение, напротив, всегда имеет тенденцию к ритмическому повторению в точности одинаковых элементов. Мы говорили об этом в связи с действительностью сигнала.

Подозрение, что здесь замешана ритуализация, превращается в уверенность, когда мы видим, как танцующий самец при своих «загах» временами, кажется, совершенно забывает, что они сексуально мотивированы и должны указывать точно на гнездо. Вместо этого он рисует вокруг самки очень красивый и правильный зубчатый венец, в котором каждый «зиг» направлен точно в сторону самки, а каждый «заг» — точно от нее. Как ни очевидна относительная слабость новой координации движений, стремящейся превратить «зиги» и «заги» в ритмический «зигзаг», — она может, однако, решающим образом определить *регулярность* последовательных проявлений обеих главных мотиваций. Вторая важная функция, которую ритуализованная координация может, очевидно, выполнять, даже будучи очень слабой в других отношениях, — это *изменение направления* неритуализованных движений, лежавших в основе ритуала и происходивших из других побуждений. Примеры этого мы уже видели при обсуждении классического образца ритуала, а именно — при натравливании селезня уткой.

<...>

8. АНОНИМНАЯ СТАЯ

Осилить массу можно только массой
Гёте

Первая из трех форм сообщества, которые мы хотим сравнить с единением, построенном на личной дружбе и любви, — пожалуй, в качестве древнего и мрачного фона, — это так называемая анонимная стая. Это самая частая и, несомненно, самая примитивная форма сообщества, которая обнаруживается уже у многих беспозвоночных, например у каракатиц и у насекомых. Однако это вовсе не значит, что она не встречается у высших животных; даже люди при определенных, подлинно страшных обстоятельствах могут впасть в состояние анонимной стаи, «отступить в нее», как бывает при панике.

Термином «стая» мы обозначаем не любые случайные скопления отдельных существ одного и того же вида, которые возникают, скажем, когда множество мух или коршунов собираются на падали, либо когда на каком-нибудь особенно благоприятном участке приливной зоны образуются сплошные скопления улиток или актиний. Понятие стаи определяется тем, что отдельные особи некоторого вида *реагируют друг на друга* сближением, а значит, их удерживают вместе какие-то поведенческие акты, *которые одно или несколько отдельных существ вызывают у других* таких же. Поэтому для стаи характерно, что множество существ, тесно сомкнувшись, *движутся в одном направлении*.

Сплоченность анонимной стаи вызывает ряд вопросов физиологии поведения. Они касаются не только функционирования органов чувств и нервной системы, создающих взаимопритяжение, «позитивный таксис», но — прежде всего — и высокой избирательности этих реакций. Когда стадное существо любой ценой стремится быть в непосредственной близости ко множеству себе подобных и лишь в исключительных, крайних случаях удовлетворяется в качестве эрзац-объектов животными другого вида — это требует объяснения. Такое стремление может быть врожденным, как, например, у многих уток, которые избирательно реагируют на цвет оперения своего вида и летят следом; оно может зависеть и от индивидуального обучения.

Мы не сможем ответить на многие «Почему?», возникающие в связи с объединением анонимной стаи, до тех пор, пока не решим проблему «Зачем?», в том смысле, в каком рассматривали ее в

начале книги. При постановке этого вопроса мы сталкиваемся с парадоксом: так легко оказалось найти вполне убедительный ответ на бессмысленный с виду вопрос, для чего может быть полезна «вредная» агрессия, о значении которой для сохранения вида мы знаем уже из 3-й главы; но, странным образом, очень трудно сказать, для чего нужно объединение в громадные анонимные стаи, какие бывают у рыб, птиц и многих млекопитающих. Мы слишком привыкли видеть эти сообщества; а поскольку мы сами тоже социальные существа — нам слишком легко представить себе, что одинокая сельдь, одинокий скворец или бизон не могут чувствовать себя благополучно. Поэтому вопрос «Зачем?» просто не приходит в голову. Однако правомочность такого вопроса тотчас становится ясной, едва мы присмотримся к очевидным недостаткам крупных стай: большому количеству животных трудно найти корм, спрятаться невозможно (а эту возможность естественный отбор в других случаях оценивает очень высоко), возрастает подверженность паразитам, и т.д., и т.п.

Легко предположить, что *одна* сельдь, плывущая в океане сама по себе, или *один* вьюрок, самостоятельно улетающий по осени в свои скитания, или *один* лемминг, пытающийся в одиночку найти угодья побогаче при угрозе голода, — они имели бы лучшие шансы на выживание. Плотные стаи, в которых держатся эти животные, просто-таки провоцируют их эксплуатацию «хищниками одного удара», вплоть до «Германского акционерного общества рыболовства в Северном море». Мы знаем, что инстинкт, собирающий животных, обладает огромной силой, и что притягивающее действие, которое оказывает стая на отдельных животных и небольшие их группы, возрастает с размером стаи, причем вероятно даже в геометрической прогрессии. В результате у многих животных, как например у вьюрков, может возникнуть смертельный порочный круг. Если под влиянием случайных внешних обстоятельств — например, чрезвычайно обильный урожай буковых орешков в определенном районе, — зимнее скопление этих птиц значительно, на порядок, превысит обычную величину, то их лавина перерастает экологически допустимые пределы, и птицы массами гибнут от голода. Я имел возможность наблюдать такое гигантское скопление зимой 1951 года близ Турензее в Швейцарии. Под деревьями, на которых спали птицы, каждый день лежало много-много трупиков; несколько выборочных проб с помощью вскрытия однозначно указали на голодную смерть.

Я полагаю, будет вполне естественно, если из явных и крупных недостатков, присущих жизни в больших стаях, мы извлечем тот вывод, что в каком-то другом отношении такая жизнь должна иметь какие-то преимущества, которые не только спорят с этими недостатками, но и превышают их — настолько, что селекционное давление выпестовало сложные поведенческие механизмы образования стаи.

Если стадные животные хотя бы в малейшей степени *вооружены* — как, скажем, галки, мелкие жвачные или маленькие обезьяны, — то легко понять, что для них единство — это сила. Отражение хищника или защита схваченного им члена стаи даже не обязательно должны быть успешными, чтобы иметь видосохраняющую ценность. Если социальная защитная реакция галок и не приводит к спасению галки, попавшей в когти ястреба, а лишь докучает ястребу настолько, что он начинает охотиться на галок чуть-чуть менее охотно, чем, скажем, на сорок, — этого уже достаточно, чтобы защита товарища приобрела весьма существенную роль. То же относится к «запугиванию», с которым преследует хищника самец косули, или к яростным воплям, с какими преследуют тигра или леопарда многие обезьянки, прыгая по кронам деревьев на безопасной высоте и стараясь подействовать тому на нервы. Из таких же начал путем вполне понятных постепенных переходов развились тяжеловооруженные боевые порядки буйволов, павианов и других мирных героев, перед оборонной мощью которых пасуют и самые страшные хищники.

Но какие преимущества приносит тесная сплоченность стаи безоружным — сельди и прочей косяковой рыбешке, мелким птахам, полчищами совершающим свои перелеты, и многим-многим другим? У меня есть только один предположительный ответ, и я высказываю его с сомнением, так как мне самому трудно поверить, что одна-единственная, маленькая, но широко распространенная слабость хищников имеет столь далеко идущие последствия в поведении животных, служащих им добычей. Эта слабость состоит в том, что очень многие, а может быть даже и все хищники, охотящиеся на одиночную жертву, неспособны сконцентрироваться на одной цели, если в то же время множество других, равноценных, мельтешат в их поле зрения. Попробуйте сами вытащить одну птицу из клетки, в которой их много. Даже если вам вовсе не нужна какая-то определенная птица, а просто нужно освободить клетку, вы с изумлением обнаружите, что необходимо твердо сконцентрироваться именно на какой-то определенной, чтобы во-

обще поймать хоть одну. Кроме того, вы поймете, насколько трудно сохранять эту нацеленность на определенный объект и не позволить себе отвлекаться на другие, которые кажутся более доступными. Другую птицу, которая вроде бы лезет под руку, почти никогда схватить не удается, потому что вы не следили за ее движениями в предыдущие секунды и не можете предвидеть, что она сделает в следующий момент. И еще — как это ни поразительно — вы часто будете хватать по промежуточному направлению, между двумя одинаково привлекательными.

Очевидно, как раз тоже самое происходит и с хищниками, когда им одновременно предлагается множество целей. На золотых рыбках экспериментально установлено, что они, парадоксальным образом, хватают меньшее количество водяных блох, если их предлагается слишком много сразу. Точно так же ведут себя ракеты с радарным наведением на самолет: они пролетают по равнодействующей между двумя целями, если те расположены близко друг к другу и симметрично по отношению к первоначальной траектории. Хищная рыба, как и ракета, лишена способности проигнорировать одну цель, чтобы сконцентрироваться на другой. Так что причина, по которой сельди стягиваются в плотный косяк, вполне вероятно, та же, что и у реактивных истребителей, которые мы видим в небе летящими плотно сомкнутым строем, что отнюдь не безопасно даже при самом высокой классе пилотов.

Человеку, не вникавшему в эти проблемы, такое объяснение может показаться притянутым за уши, однако за его правильность говорят весьма веские аргументы. Насколько я знаю, не существует ни одного единственного вида, живущего в тесном стайном объединении, у которого отдельные животные в стае, будучи взволнованы — например, заподозрив присутствие хищного врага, — не стремились бы *стянуться плотнее*. Как раз у самых маленьких и самых беззащитных животных это заметно наиболее отчетливо, так что у многих рыб это делают только мальки, а взрослые — уже нет. Некоторые рыбы в случае опасности собираются в такую плотную массу, что она выглядит как *одна* громадная рыбина; а поскольку многие довольно глупые хищники, например барракуда, очень боятся подавиться, напав на слишком крупную добычу, — это может играть своеобразную защитную роль.

Еще один очень сильный довод в пользу правильности моего объяснения вытекает из того, что, очевидно, ни один крупный профессиональный хищник не нападает на жертву внутри плотного стада. Не только крупные млекопитающие хищники, как лев и

тигр, задумываются об обороноспособности их добычи, прежде чем прыгнуть на буйвола в стаде. Мелкие хищники, охотящиеся на беззащитную дичь, тоже почти всегда стараются отбить от стаи кого-то одного, прежде чем соберутся всерьез на него напасть. Сапсан и чеглок имеют даже специальный охотничий прием, который служит исключительно этой цели и никакой другой. В. Бээбе наблюдал то же самое у рыб в открытом море. Он видел, как крупная макрель следует за косяком мальков рыбы-ежа и терпеливо ждет, пока какая-нибудь одна рыбка не отделится наконец от плотного строя, чтобы самой схватить какую-то мелкую добычу. Такая попытка неизменно заканчивалась гибелью маленькой рыбки в желудке большой.

Перелетные стаи скворцов, очевидно, используют затруднения хищника с выбором цели для того, чтобы специальной воспитательной мерой внушать ему дополнительное отвращение к охоте на скворцов. Если стая этих птиц замечает в воздухе ястреба-перепелятника или чеглока, то она стягивается настолько плотно, что кажется — птицы уже не в состоянии работать крыльями. Однако таким строем скворцы не уходят от хищника, а спешат ему навстречу и в конце концов обтекают его со всех сторон, как амеба обтекает питательную частицу, пропуская ее внутрь себя в маленьком пустом объеме, в «вакуоли». Некоторые наблюдатели предполагали, что в результате такого маневра у хищной птицы забирается воздух из-под крыльев, так что она не может не только нападать, но и вообще летать. Это, конечно, бессмыслица; но такое переживание наверняка бывает для хищника достаточно мучительным, чтобы оказать упомянутое воспитательное воздействие; так что это поведение имеет видосохраняющую ценность.

Многие социологи полагают, что изначальной формой социального объединения является *семья*, а уже из нее в процессе эволюции развились все разнообразные формы сообществ, какие мы встречаем у высших животных. Это может быть верно для общественных насекомых, а возможно, и для некоторых млекопитающих, включая приматов и человека, но такое утверждение нельзя обобщать. Самая первая форма «сообщества» — в самом широком смысле слова — это анонимное скопление, типичный промер которого нам дают рыбы в мировом океане. Внутри такого скопления нет ничего похожего на структуру; никаких вожаков и никаких ведомых — лишь громадная масса одинаковых элементов. Несомненно, они взаимно влияют друг на друга; несомненно, существуют какие-то простейшие формы «взаимопонимания» между особя-

ми, составляющими эти скопления. Когда кто-то из них замечает опасность и спасается бегством, — все остальные, кто может заметить его страх, заражаются этим настроением. Насколько широко распространится такая паника в крупном косяке, окажется ли она в состоянии побудить весь косяк к повороту и бегству — это сугубо количественный вопрос; ответ здесь зависит от того, сколько особей испугались и насколько интенсивно они удирали. Так же может среагировать весь косяк и на привлекающий стимул, вызывающий «позитивный таксис», даже в том случае, если его заметила лишь одна особь. Ее решительное движение наверняка увлечет в том же направлении и других рыб, и снова лишь вопрос количества, позволит ли себя увлечь весь косяк.

Чисто количественное, в определенном смысле очень демократическое проявление такой «передачи настроений» состоит в том, что решение дается косяку тем труднее, чем больше в нем рыб и чем сильнее у них стадный инстинкт. Рыба, которая по какой-то причине поплыла в определенном направлении, вскоре волей-неволей выплывает из косяка и попадает при этом под влияние всех стимулов, побуждающих ее вернуться. Чем больше рыб выплывает в одном и том же направлении, — какие бы внешние стимулы ни побуждали каждую из них, — тем скорее они увлекут весь косяк; чем больше косяк — а вместе с тем и его обратное влияние, — тем меньшее расстояние проплывают его предприимчивые представители, прежде чем повернут обратно, словно притянутые магнитом. Поэтому большая стая мелких и плотно сбившихся рыбок являет жалкий образец нерешительности. То и дело предприимчивые рыбки образуют маленькие группы, которые вытягиваются из стаи, как ложноножка у амебы. Чем длиннее становятся эти псевдоподии, тем они делаются тоньше, и тем сильнее, очевидно, становится напряжение вдоль них; как правило, этот поиск заканчивается стремительным бегством в глубь стаи. Когда видишь это — поневоле начинаешь нервничать, сомневаться в демократии и находить достоинства в политике правых.

Что такие сомнения мало оправданы — доказывает простой, но очень важный для социологии опыт, который провел однажды на речных гольянах Эрих фон Хольст. Он удалил одной-единственной рыбе этого вида передний мозг, отвечающий — по крайней мере у этих рыб — за все реакции стайного объединения. Гольян без переднего мозга выглядит, ест и плавает, как нормальный; единственный отличающий его поведенческий признак состоит в том, что ему безразлично, если никто из товарищей не следует за

ним, когда он выплывает из стаи. Таким образом, у него отсутствует нерешительная «оглядка» нормальной рыбы, которая, даже если очень интенсивно плывет в каком-либо направлении, уже с самых первых движений обращает внимание на товарищей по стае: плывут ли за ней и сколько их, плывущих следом. Гольяну без переднего мозга это было совершенно безразлично; если он видел корм или по какой-то другой причине хотел куда-то, он решительно плыл туда — и, представьте себе, *вся стая плыла следом.* Искалеченное животное как раз из-за своего дефекта стало несомненным лидером.

Внутривидовая агрессия, разделяющая и отдаляющая сородичей, по своему действию противоположна стадному инстинкту, так что — само собой разумеется — сильная агрессивность и тесное объединение несовместимы. Однако не столь крайние проявления обоих механизмов поведения отнюдь не исключают друг друга. И у многих видов, образующих большие скопления, отдельные особи никогда не переступают определенного предела: между каждыми двумя животными всегда сохраняется какое-то постоянное пространство. Хорошим примером тому служат скворцы, которые рассаживаются на телеграфном проводе с правильными промежутками, словно жемчужины в ожерелье. Дистанция между каждыми двумя скворцами в точности соответствует их возможности достать друг друга клювом. Непосредственно после приземления скворцы размещаются случайным образом; но те, которые оказались слишком близко друг к другу, тотчас затевают драку, и она продолжается до тех пор, пока повсюду не установится «предписанный» интервал, очень удачно обозначенный Хедигером как *индивидуальная дистанция.* Пространство, радиус которого определен индивидуальной дистанцией, можно рассматривать как своего рода крошечную транспортабельную территорию, потому что поведенческие механизмы, обеспечивающие поддержание этого пространства, в принципе ничем не отличаются от описанных выше, определяющих границы соседних владений. Бывают и настоящие территории — например, у олушей, гнездящихся колониями, — которые возникают в точности так же, как распределяются сидячие места у скворцов: крошечное владение пары олушей имеет как раз такие размеры, что две соседние птицы, находясь каждая в центре своего «участка» (т.е. сидя на гнезде), только-только не достают друг друга кончиком клюва, когда обе вытянут шеи, как только могут.

Итак, стайное объединение и внутривидовая агрессия *не совсем* исключают друг друга, но мы упомянули об этом лишь для полно-

ты общей картины. Вообще же для стайных животных типично отсутствие какой бы то ни было агрессивности, а вместе с тем и отсутствие индивидуальной дистанции. Сельдевые и карповые косяковые рыбы не только при беспокойстве, но и в покое держатся так плотно, что касаются друг друга; и у многих рыб, которые во время нереста становятся территориальными и крайне агрессивными, всякая агрессивность совершенно исчезает, как только эти животные, позаботившись о продолжении рода, снова собираются в стаи, как многие цихлиды, колюшка и другие. В большинстве случаев неагрессивное косяковое состояние рыб внешне проявляется в их особой окраске. У очень многих видов птиц тоже господствует обычай — на время, не связанное с заботой о потомстве, вновь собираться в большие анонимные стаи, как это бывает у аистов и цапель, у ласточек и очень многих других певчих птиц, у которых супруги осенью и зимой не сохраняют никаких связей.

Лишь у немногих видов птиц и в больших перелетных стаях супружеские пары — или, точнее, родители и дети — держатся вместе, как у лебедей, диких гусей и журавлей. Понятно, что громадное количество птиц и теснота в большинстве крупных птичьих стай затрудняют сохранение связей между отдельными особями, но большинство этих животных и не придает этому никакого значения. В том-то и дело, что форма такого объединения совершенно анонимна; каждому отдельному существу общество каждого сородича так же мило, как и любого другого. Идея личной дружбы, которая так прекрасно выражена в народной песне, — «У меня был друг-товарищ, лучше в мире не сыскать», — абсолютно неприложима в отношении такого стайного существа: *каждый* товарищ так же хорош, как и любой другой; хотя ты не найдешь никого лучше, но и никого хуже тоже не найдешь, так что нет никакого смысла цепляться за какого-то определенного члена стаи как за своего друга и товарища.

Связи, соединяющие такую анонимную стаю, имеют совершенно иной характер, нежели личная дружба, которая придает прочность и стабильность нашему собственному сообществу. Однако можно было бы предположить, что личная дружба и любовь вполне могли бы развиться в недрах такого мирного объединения; эта мысль кажется особенно заманчивой, поскольку анонимная стая, безусловно, появилась в процессе эволюции гораздо раньше личных связей. Поэтому, чтобы избежать недоразумений, я хочу сразу предупредить о том, что анонимное стаеобразование и личная дружба исключают друг друга, потому что последняя — как это

ни странно — всегда связана с агрессивным поведением. Мы не знаем ни одного живого существа, которое способно на личную дружбу и при этом лишено агрессивности. Особенно впечатляющей является эта связь у тех животных, которые становятся агрессивными лишь на период размножения, а в остальное время утрачивают агрессивность и образуют анонимные стаи. Если у таких существ вообще возникают личные узы — эти узы теряются вместе с утратой агрессивности. Именно поэтому распадаются супружеские пары у аистов, зябликов, цихлид и прочих, когда громадные анонимные стаи собираются для осенних странствий.

9. СООБЩЕСТВО БЕЗ ЛЮБВИ

И в сердце вечный хлад.
Гёте

В конце предыдущей главы анонимная стая противопоставлена личным узам лишь для того, чтобы подчеркнуть, что эти два механизма социального поведения являются в корне взаимоисключающими; это вовсе не значит, что других механизмов не существует. У животных бывают и такие отношения между определенными особями, которые связывают их на долгое время, иногда на всю жизнь, но при этом личные узы не возникают. Как у людей существуют деловые партнеры, которым прекрасно вместе работается, но и в голову не придет вместе пойти на прогулку или вообще как-то быть вместе, помимо работы, — так и многих видов животных существуют индивидуальные связи, которые возникают лишь косвенно, через общие интересы партнёров в каком-то общем «предприятии», или — лучше сказать — которые в этом предприятии и заключаются. По опыту известно, что любителям очеловечивать животных бывает удивительно и неприятно слышать, что у очень многих птиц, в том числе и у живущих в пожизненном «браке», самцы и самки совершенно не нуждаются друг в друге, они в самом буквальном смысле «не обращают внимания» друг на друга, если только им не приходится совместно заботиться о гнезде и птенцах.

Крайний случай такой связи — индивидуальной, но не основанной на индивидуальном узнавании и на любви партнеров — представляет то, что Хейнрот назвал «местным супружеством». Например, у зеленых ящериц самцы и самки занимают участки независимо друг от друга, и каждое животное обороняет свой участок исключительно от представителей своего пола. Самец ничего не

предпринимает в ответ на вторжение самки; он и не может ничего предпринять, поскольку торможение, о котором мы говорили, не позволяет ему напасть на самку. В свою очередь, самка тоже не может напасть на самца, даже если тот молод и значительно уступает ей в размерах и силе, поскольку ее удерживает глубокое врожденное почтение к регалиям и мужественности, как было описано ранее. Поэтому самцы и самки устанавливают границы своих владений так же независимо, как это делают животные двух разных видов, которым совершенно не нужны внутривидовые дистанции между ними. Однако они принадлежат все же к одному виду и потому проявляют одинаковые «вкусы», когда им приходится занимать какую-то норку или подыскивать место для ее устройства. Но в пределах хорошо оборудованного вольера площадью более 40 квадратных метров — и даже в естественных условиях — ящерицы имеют в своем распоряжении далеко не беспредельное количество привлекательных возможностей устроиться (пустот между камнями, земляных нор и т.п.). И потому — иначе попросту и быть не может — самец и самка, в которых ничто друг от друга не отталкивает, поселяются в одной и той же квартире. Но кроме того, очень редко два возможных жилища оказываются в точности равноценными и одинаково привлекательными, так что мы совсем не удивились, когда в нашем вольере в самой удобной, обращенной к югу норке тотчас же обосновались самый сильный самец и самая сильная самка из всей нашей колонии ящериц. Животные, которым подобным образом оказываются в постоянном контакте, естественно, чаще спариваются друг с другом, чем с чужими партнерами, случайно попавшими в границы их владений; но это вовсе не значит, что здесь проявляется их индивидуальное предпочтение к совладельцу жилища. Когда одного из «локальных супругов» ради эксперимента удаляли, то вскоре среди ящериц вольера «проходил слух», что заманчивое имение самца — или соответственно самки — не занято. Это вело к новым яростным схваткам претендентов, и — что можно было предвидеть — как правило, уже на другой день следующие по силе самец или самка добывали себе это жилище вместе с половым партнером.

Поразительно, но почти так же, как только что описанные ящерицы, ведут себя наши домашние аисты. Кто не слышал ужасно красивых историй, которые рассказывают повсюду, где гнездятся аисты и бытуют охотничьи рассказы?! Они всегда принимаются всерьез, и время от времени то в одной, то в другой газете появляется отчет о том, как аисты перед отлетом в Африку вершили суровый суд: карались все преступления аистов, входящих в стаю; и прежде всего все аистихи, запятнавшие себя супружеской изменой, были приговорены к смерти и безжалостно казнены. В действительности для аиста его супруга значит не так уж много; даже нет абсолютно никакой уверенности, что он вообще узнал бы ее, встретив вдали от их общего гнезда. Пара аистов вовсе не связана той волшебной резиновой лентой, которая у гусей, журавлей, воронов или галок явно притягивает супругов тем сильнее, чем дальше друг от друга они находятся. Аист-самец и его дама почти никогда не летают вместе, на одинаковом расстоянии друг от друга, как это делают пары упомянутых и многих других видов, и в большой перелет они отправляются в совершенно разное время. Аист-самец всегда прилетает на родину гораздо раньше своей супруги — точнее, раньше самки из того же гнезда. Эрнст Шюц, будучи руководителем Росситенской орнитологической станции, сделал очень многозначительное наблюдение на аистах, гнездившихся у него на крыше. Заключалось оно в следующем. В тот год самец вернулся рано, и едва прошло два дня его пребывания дома — появилась чужая самка. Самец, стоя на гнезде, приветствовал чужую даму хлопаньем клюва, она тотчас опустилась к нему на гнездо и так же приветствовала в ответ. Самец без колебаний впустил ее и обращался с нею точь-в-точь, до мелочей, так, как всегда обращаются самцы со своими долгожданными, вернувшимися супругами. Профессор Шюц говорил мне, он бы поклялся, что появившаяся птица и была долгожданной, родной супругой, если его не вразумило кольцо — вернее, его отсутствие — на ноге новой самки.

Они вдвоем уже вовсю были заняты ремонтом гнезда, когда вдруг появилась старая самка. Между аистихами началась борьба за гнездо, — «не на жизнь, а на смерть», — а самец следил за ними безо всякого интереса и даже не подумал принять чью-либо сторону. В конце концов новая самка улетела, побежденная «законной» супругой, а самец после смены жен продолжил свои занятия по устройству гнезда с того самого места, где его прервал поединок соперниц. Он не проявил никаких признаков того, что вообще заметил эту двойную замену одной супруги на другую. Как это не похоже на легенду о суде! Если бы аист застал свою супругу на месте преступления с соседом на ближайшей крыше — он, по всей вероятности, просто не смог бы ее узнать.

Точно так же, как у аистов, обстоит дело и у кваквы, но отнюдь не у всех цапель вообще. Отто Кених доказал, что среди них есть много видов, у которых супруги, без всяких сомнений, узна-

ют друг друга персонально и даже вдали от гнезда держатся до какой-то степени вместе. Квакву я знаю достаточно хорошо. В течение многих лет я наблюдал за искусственно организованной колонией свободных птиц этого вида, так что видел вблизи и до мельчайших подробностей, как у них образуются пары, как они строят гнезда, как высиживают и выращивают птенцов. Когда супруги, составляющие пару, встречались на нейтральной территории, т.е. на некотором расстоянии от их общего гнездового участка, — ловили они рыбу в пруду или кормились на лугу, расположенном примерно в 100 метрах от дерева-гнездовья, — не было никаких, абсолютно никаких признаков того, что птицы знают друг друга. Они так же яростно отгоняли друг друга от хорошего рыбного места, так же яростно дрались из-за разбросанного мною корма, как любые кваквы, между которыми нет никаких отношений. Они никогда не летали вместе. Объединение птиц в более или менее крупную стаю, когда в густых вечерних сумерках кваквы улетают рыбачить на Дунай, носило характер типично анонимного сообщества. Так же анонимна и организация их гнездовья, которое коренным образом отличается от строго замкнутого круга друзей в колонии галок. Каждая кваква, готовая весной к продолжению рода, устраивает свое гнездо хоть не слишком близко, но возле гнезда другой. Создается впечатление, что птице нужна «здоровая злость» по отношению к враждебному соседу, что без этого ей было бы труднее выполнять родительский долг. Наименьшие размеры гнездового участка определяются тем, как далеко достают клювы ближайших соседей при вытянутых шеях, т.е. точно так же, как у олушей или как при размещении скворцов на проводе. Таким образом, центры двух гнезд никогда не могут располагаться ближе, чем на расстоянии двойной досягаемости. У цапель шеи длинные, так что дистанция получается вполне приличной.

Знают ли соседи друг друга — этого я с уверенностью сказать не могу. Однако я никогда не замечал, чтобы какая-нибудь кваква привыкла к приближению определенного сородича, которому приходилось проходить мимо, по дороге к своему собственному гнезду. Казалось бы, после сотни повторений одного и того же события эта глупая скотина должна наконец сообразить, что ее сосед — испуганный, с прижатыми перьями, выражающими что угодно, но уж никак не воинственные намерения, — хочет только «проскочить поскорее». Но кваква никогда не научается понимать, что у соседа есть свое гнездо и потому он совершенно не опасен. Не понимает — и не делает никакой разницы между этим соседом и

совершенно чужим пришельцем, замыслившим завоевание участка. Даже наблюдатель, не слишком склонный очеловечивать поведение животных, часто не может удержаться от злости на беспрерывные резкие вопли и яростный стук клювов, которые то и дело раздаются в колонии кваквы, в любой час дня и ночи, круглые сутки. Казалось бы, можно легко обойтись без этой ненужной траты энергии, поскольку кваквы в принципе могут узнавать друг друга индивидуально. Совсем маленькие птенцы одного выводка еще в гнезде знают друг друга, совершенно безошибочно и прямо-таки яростно нападают на подсаженного к ним чужого птенца, даже если он в точности того же возраста. Вылетев из гнезда, они тоже довольно долго держатся вместе, ищут друг у друга защиты и в случае нападения обороняются плотной фалангой. Тем более странно, что взрослая птица, сидящая на гнезде, никогда не ведет себя так, «как если бы она знала», что ее соседка — сама вполне обеспеченная домовладелица, у которой наверняка нет никаких завоевательских намерений.

Можно спросить, почему же все-таки кваква до сих пор не «додумалась до открытия», лежащего на самой поверхности, и не использовала своей способности узнавать сородичей для избирательного привыкания к соседям, избавив себя тем самым от невероятного количества волнений и энергетических затрат? Ответить на этот вопрос трудно, но по-видимому он и поставлен неверно. В природе существует не только целесообразное для сохранения видов, но и все *не настолько* нецелесообразное, чтобы повредить существованию вида.

Чему не научилась кваква, — привыкать к соседу, о котором известно, что он не замышляет нападения, и за счет этого избегать ненужных проявлений агрессии, — в том значительно преуспела одна из рыб: одна из уже известной нам своими рыбьими рекордами группы цихлид. В северoафриканском оазисе Гафза живет маленький хаплохромис, о социальном поведении которого мы узнали благодаря основательнейшим наблюдениям Росла Киршхофера в естественных условиях. Самцы строят там тесную колонию «гнезд», лучше сказать — ямок для икры. Самки лишь выметывают икру в эти гнезда, а затем — как только самцы ее оплодотворят — забирают ее в рот и уплывают на другое место, на богатое растительностью мелководье возле берега, где они будут выращивать молодь. Крошечный участок каждого из самцов бывает почти целиком занят икряной ямкой, которую рыбка выгрызает ртом и выметает хвостовым плавником. Каждый самец каждую плывущую мимо самку

старается приманить к своей ямке определенными ритуализованными действиями ухаживания и так называемым указывающим плаванием. За этой деятельностью они проводят большую часть года; не исключено даже, что они постоянно пребывают на нерестилище. Нет и никаких оснований предполагать, что они часто меняют свои участки. Таким образом, каждый имеет достаточно времени, чтобы основательно познакомиться со своими соседями; а уже давно установлено, что цихлиды вполне способны на это. Доктор Киршхофер не испугался чудовищной работы — выловить всех самцов такой колонии и индивидуально обозначить каждого из них. И тогда оказалось, что каждый самец, на самом деле, совершенно точно знает хозяев соседних участков и мирно сносит их присутствие рядом с собою, но тотчас же яростно нападает на каждого чужака, стоит лишь тому направиться, даже издали, в сторону его икряной ямки.

Такая готовность к миру у самцов хаплохромисов из Гафзы, основанная на индивидуальном узнавании сородичей, еще не является той дружеской связью, которой мы будем заниматься в 11-й главе. Ведь у этих рыб еще отсутствует пространственное притяжение между отдельными животными, персонально знающими друг друга, которое приводит к их постоянному совместному пребыванию; а именно оно и является объективным признаком дружбы. Однако в силовом поле, в котором взаимное отталкивание постоянно, всякое уменьшение отталкивания между двумя объектами имеет такие последствия, которые невозможно отличить от последствий притяжения. И еще в одном «Пакт о ненападении» соседей у самцов-хаплохромисов похож на настоящую дружбу: как ослабление агрессивного отталкивания, так и усиление дружественного притяжения зависит от *степени знакомства* соответствующих существ. Избирательное привыкание ко всем стимулам, исходящим от персонального знакомого сородича, очевидно, является предпосылкой возникновения любых личных связей и, пожалуй, их предвестником в эволюционном развитии социального поведения.

Простое знакомство с сородичем затормаживает агрессивность и у человека (конечно, лишь в общем и при прочих равных), что лучше всего наблюдается в железнодорожном вагоне. Кстати, это наилучшее место и для изучения отталкивающего действия внутривидовой агрессии и ее функции в разграничении пространства. Все способы поведения, какие служат в этой ситуации отталкиванию территориальных конкурентов и пришельцев — пальто и сумки на соседних свободных местах, вытянутые ноги, симуляция отвратительного храпа и т.д. и т.д., — все это бывает обращено исключительно против совершенно незнакомых людей и мгновенно пропадает, едва вновь появившийся окажется хоть в малейшей мере «своим».

<...>

11. СОЮЗ

Мой страх пропал — плечо к плечу с тобой
Я брошу вызов моему столетью.

Шиллер

В тех различных типах социальной организации, которые я описал в предыдущих главах, связи между отдельными существами совершенно не носят личного характера. Почти любая особь равноценно заменяет другую как элемент над-индивидуального сообщества. Первый проблеск личных отношений мы видели у оседлых самцов хаплохромисов из Гафзы, которые заключают с соседями пакт о ненападении и бывают агрессивны только с чужими. Однако при этом проявляется лишь пассивная терпимость по отношению к хорошо знакомому соседу. Еще не действует никакая притягательная сила, которая побуждала бы следовать за партнером, если он поплыл куда-то, или ради него оставаться на месте, если он остается, или же активно искать его, если он исчез.

Однако именно такое поведение характеризует ту объективно определимую личную связь, которая является предметом данной главы и которую я буду в дальнейшем называть *союзом* или *узами*. Совокупность существ, связанную этими узами, можно обозначить термином *группа*. Таким образом, группа определяется тем, что она — как и анонимная стая — объединяется реакциями, которые вызывают друг у друга ее члены; однако, в отличие от безличных сообществ, групповые объединяющие реакции тесно связаны с *индивидуальностью* членов группы.

Как и пакт о взаимной терпимости у хаплохромисов Гафзы, настоящее группообразование имеет предпосылкой способность отдельных животных избирательно реагировать на индивидуальность других членов группы. У хаплохромиса, который на одном и том же месте, на своей гнездовой ямке, по-разному реагирует на соседей и на чужих, — в процесс этого специального привыкания вовлечен целый ряд побочных обстоятельств. Это еще вопрос, как он стал бы обходиться с привычным соседом, если бы оба вдруг оказались в непривычном месте. Настоящее же группообразование

характеризуется как раз своей независимостью от места. Роль, которую каждый член группы играет в жизни каждого другого, остается одной и той же в поразительном множестве самых различных внешних ситуаций; одним словом, предпосылкой любого группообразования является *персональное узнавание* партнеров в любых возможных обстоятельствах. Таким образом, образование группы не может быть основано только на врожденных реакциях, как это почти всегда бывает при образовании анонимных стай. Само собой разумеется, что знание партнеров должно быть усвоено индивидуально.

Рассматривая образ жизни животных в восходящем ряду от более простых к более сложным, мы впервые встречаем группообразование (в только что определенном смысле слова) у высших костистых рыб, точнее — у иглоперых; а среди них, конкретно, у цихлид и других сравнительно близких к ним окуневых, таких, как рыбы-ангелы, рыбы-бабочки и «демуазели». Эти три группы морских рыб нам уже знакомы по первой главе, причем — что здесь весьма важно — как существа с особенно высоким уровнем внутривидовой агрессии.

Только что, говоря об анонимном стадообразовании, я категорически заявил, что эта широчайше распространенная и древнейшая форма сообщества не происходит из семьи, из единства родителей и детей, в отличие от драчливых крысиных кланов и стай многих других млекопитающих. В несколько ином смысле, эволюционной пра-формой личных связей и группообразования, вне всяких сомнений, является *объединение пар, сообща заботящихся о потомстве*. Хотя из такой пары, как известно, легко возникает семья, — связи, о которых идет речь сейчас, это нечто совсем иное. Прежде всего посмотрим, как возникают эти связи у цихлид, достойных благодарности за преподанные нам уроки.

Когда наблюдатель, знающий животных и досконально понимающий их выразительные движения, следит за всеми ранее описанными событиями, которые приводят у цихлид к образованию разнополой пары, — ему может стать неспокойно, даже страшно, от того, насколько *злы* по отношению друг к другу будущие супруги. Раз за разом они почти что набрасываются друг на друга, и эта опасная вспышка агрессивности едва затормаживается, чтобы дело не дошло до убийства. Такое опасение вовсе не основано на неправильной интерпретации выразительных движений рыб: каждый практик, разводящий рыбок, знает, насколько опасно сажать в один аквариум самца и самку цихлид, и как быстро появляются

трупы, если не следить за парой постоянно. В естественных условиях привыкание значительно способствует прекращению борьбы между будущими новобрачными. Естественные условия воспроизводятся в аквариуме наилучшим образом, если в максимально возможную емкость поместить несколько мальков, которые с самого начала вполне уживчивы, чтобы они росли вместе. Тогда образование пар происходит таким образом, что при достижении половой зрелости какая-то рыбка, как правило самец, захватывает себе участок и прогоняет из него всех остальных. Когда позднее какая-нибудь самка становится готовой к спариванию — она осторожно приближается к владельцу участка; он нападает на нее, — поначалу вполне серьезно, — она, поскольку признает главенство самца, отвечает на это уже описанным способом: так называемым чопорным поведением, состоящим, как мы уже знаем, из элементов, которые частью происходят из стремления к спариванию, а частью — из стремления к бегству. Если самец, несмотря на очевидное тормозящее агрессию действие этих жестов, ведет себя слишком агрессивно, то самка может на какое-то время удалиться из его владений. Однако рано или поздно она возвращается. Это повторяется в течение какого-то промежутка времени — разной продолжительности — до тех пор, пока оба они настолько привыкают к присутствию партнера, что неизбежно исходящие от него стимулы, вызывающие агрессию, значительно теряют свою действенность. Как и во многих подобных случаях специального привыкания, здесь в этот процесс первоначально вовлечены все случайные побочные обстоятельства общей ситуации, к которой животное привыкает наконец в целом. Изменение любого из этих обстоятельств неизбежно влечет за собой нарушение общего действия всей привычки. Особенно это относится к началу мирной совместной жизни; так, первоначально партнер должен появляться привычным путем, с привычной стороны, освещение должно быть таким же, как всегда, и т.д. и т.д., — в противном случае каждая рыба воспринимает другую как вызывающего агрессию пришельца. В это время пересадка в другой аквариум может совершенно разрушить пару. С упрочением знакомства связь партнеров становится все более независимой от фона, на котором она развивается; это процесс выделения главного хорошо известен гештальт-психологам и исследователям условного рефлекса. В конце концов связь между партнерами становится настолько независимой от побочных условий, что можно пересаживать пары, даже транспортировать их на значительное расстояние, и их узы не рвутся. В крайнем случае

при этом старые пары «реградируют» к ранней стадии, т.е. у них снова начинаются церемонии ухаживания и примирения, которые у супругов, долго состоящих в браке, давно уже исчезли из повседневной рутины.

Если образование пары происходит без помех, то у самца постепенно все больше и больше выходит на передний план сексуальное поведение. Оно может быть примешано уже к самым первым, вполне серьезным нападениям на самку; теперь же сексуальные проявления начинают преобладать в смысле частоты и интенсивности, но *при этом выразительные движения агрессии не исчезают.* Что исчезает очень быстро — это готовность самки к бегству, ее «покорность». Выразительные движения страха— или, точнее, готовности к бегству— с укреплением пары исчезают у самки все больше и больше; зачастую это происходит настолько быстро, что при первых своих наблюдениях над цихлидами я вообще не заметил этих движений и целый год был уверен, что у этих рыб не существует иерархических отношений между супругами. Мы уже знаем, какую роль в действительности играет иерархия при взаимном узнавании полов. Она латентно сохраняется и тогда, когда самка окончательно прекращает выполнение своих жестов покорности перед супругом. Лишь в редких случаях, если старая пара вдруг рассорится, — самка вспоминает эти жесты.

Поначалу пугливая и покорная самка своим страхом лишает самца возможности проявить какое бы то ни было торможение агрессивного поведения. Внезапно ее застенчивость проходит, и она дерзко и заносчиво появляется прямо посреди владений своего супруга — с расправленными плавниками, в самой внушительной позе и в роскошном наряде, который у этих видов почти не отличается от наряда самца. Как и следовало ожидать, самец приходит в ярость, ибо ситуация, преподнесенная ему красующейся супругой, неизбежно несет в себе ключевой раздражитель, включающий боевое поведение, уже известный нам из анализа стимулов. Итак, самец бросается на свою даму, тоже принимает позу угрозы развернутым боком, и какую-то долю секунды кажется, что он ее вот-вот уничтожит, — и тут происходит то, что побудило меня писать эту книгу. Самец, угрожая самке, задерживается лишь на долю секунды или не задерживается вовсе: он не может ждать, он слишком возбужден, так что практически сразу начинает яростную атаку... *Но не на свою самку,* а — на волосок от нее, *мимо — на какого-нибудь другого сородича!* В естественных условиях этим другим оказывается, как правило, ближайший сосед.

Это — классический пример явления, которое мы с Тинбергеном называем переориентированным действием. Оно определяется тем, что некоторое действие вызывается каким-то *одним* объектом, но на этот объект испускает и тормозящие стимулы, — и потому оно направляется на *другой* объект, как будто он и был причиной данного действия. Так, например, человек, рассердившийся на другого, скорее ударит кулаком по столу, чем того по лицу, — как раз потому, что такое действие тормозится определенными запретами, а ярость требует выхода, как лава в вулкане. Большинство известных случаев переориентированного действия относится к агрессивному поведению, которое провоцируется каким-то объектом, одновременно вызывающим страх. На этом специфическом случае, который он назвал «реакцией велосипедиста», Б. Гржимек впервые распознал и описал сам принцип переориентирования. В качестве «велосипедиста» здесь годится любой, кто гнет спину кверху и давит ногами книзу. Особенно отчетливо проявляется механизм такого поведения в тех случаях, когда животное нападает на предмет своей ярости с некоторого расстояния; затем, приблизившись, замечает, насколько тот страшен; и тогда — поскольку оно не может затормозить уже заведенную машину нападения — изливает свою ярость на какое-нибудь безобидное существо, случайно оказавшееся рядом.

Разумеется, существует бесчисленное множество других форм переориентированного действия; они могут возникать в результате самых различных сочетаний соперничающих побуждений. Особый случай с самцом цихлиды важен для нашей темы потому, что аналогичные явления играют решающую роль в семейной и общественной жизни очень многих высших животных и человека. Очевидно, в царстве позвоночных неоднократно и независимо делалось «открытие», что агрессия, вызываемая партнером, может быть не только подавлена, но и использована для борьбы с враждебными соседями.

Предотвращение нежелательной агрессии, вызываемой партнером, и ее канализация в желательном направлении — на соседа по участку — в наблюдавшемся и драматично описанном случае с самцом цихлиды, конечно же, не является таким изобретением данного критического момента, которое животное может сделать, а может и не сделать. Напротив — оно давным-давно ритуализовано и превратилось в неотъемлемый инстинктивный атрибут данного вида. Все, что мы узнали в 5-й главе о процессе ритуализации, служит прежде всего пониманию факта, что из переориентирован-

ного действия может возникнуть жесткий ритуал, а вместе с ним и автономная потребность, самостоятельный мотив поступков.

В далекой древности, ориентировочно в конце мелового периода (миллион лет туда-сюда здесь никакой роли не играет!), *однажды* должна была произойти в точности такая же история, как с индейскими вождями и трубкой в 5-й главе, иначе никакой ритуал не мог бы возникнуть. Ведь один из двух великих конструкторов эволюции — Отбор, — чтобы иметь возможность вмешаться, всегда нуждается в какой-то случайно возникшей точке опоры, и эту опору предоставляет ему его слепой, но прилежный коллега — Изменчивость.

Как многие телесные признаки или инстинктивные действия, так и ритуализованные церемонии в процессе индивидуального развития животного, в онтогенезе, проходят, в общих чертах, тот же путь, какой они прошли в ходе эволюционного становления. Строго говоря, в онтогенезе повторяется не весь ряд древних форм, а только ряд *данного онтогенеза* — как справедливо отметил уже Карл-Эрнст фон Байер, — но для наших целей достаточно и более упрощенное представление. Итак, ритуал, возникший из переориентации нападения, в своем первом проявлении значительно больше похож на неритуализованный образец, нежели впоследствии, в своем окончательном развитии. Поэтому у самца цихлиды, только вступающего в брачную жизнь, можно отчетливо увидеть — особенно если интенсивность всей реакции не слишком велика, — что он, пожалуй, весьма охотно нанес бы своей юной супруге сильный удар, но в самый последний момент какое-то другое побуждение мешает ему, и тогда он предпочитает разрядить свою ярость на соседа. В полностью развитой церемонии «символ» отошел от символизируемого значительно дальше, так что ее происхождение маскируется не только «театральностью» всего действия, но и тем обстоятельством, что оно с очевидностью выполняется ради него самого. При этом функция и символика церемонии гораздо заметнее, нежели ее происхождение. Необходим тщательный анализ, чтобы разобраться в том, сколько же от первоначальных конфликтных побуждений еще содержится в церемонии в данном конкретном случае. Когда мы с моим другом Альфредом Зейтцем четверть века назад впервые разглядели описанный здесь ритуал, то функции церемоний «смены» и «приветствия» у цихлид стали нам совершенно ясны очень скоро; но еще долго мы не могли распознать их эволюционного происхождения.

Что нам, правда, сразу же бросилось в глаза — на первом же, в то время изученном лучше других виде африканских рыбок-самоцветов — это большое сходство жестов угрозы и «приветствия». Мы быстро научились различать их и правильно предсказывать, поведет ли данное действие к схватке или к образованию пары; но, к досаде своей, долго не могли обнаружить, какие же именно признаки служили нам основой для этого. Только когда мы внимательно проанализировали постепенные переходы, путем которых самец меняет серьезные угрозы невесте на церемонию приветствия, — нам стала ясна разница: при угрозе рыбка затормаживает до полной остановки прямо перед той, которой угрожает, особенно если она настолько возбуждена, что обходится даже без удара хвостом, не говоря уже о развернутом боке. При церемонии приветствия или смены, напротив, она целит не в партнера, а подчеркнуто плывет мимо него и при этом, *проплывая мимо*, адресует ему угрозу развернутым боком и удар хвостом. Направление, в котором самец предлагает свою церемонию, тоже подчеркнуто отличается от того, в каком начиналось бы движение атаки. Если же перед церемонией он неподвижно стоял в воде неподалеку от супруги, то он всегда начинает решительно плыть вперед *до того* как выполняет угрозу развернутым боком и бьет хвостом. Таким образом очень отчетливо, почти непосредственно «символизируется», что супруга как раз *не* является объектом его нападения, что этот объект надо искать где-то дальше, в том направлении, куда он плыл.

Так называемое *изменение функции* — это средство, которым часто пользуются оба Великих Конструктора, чтобы поставить на службу новым целям устаревший в ходе эволюции неликвидный фонд. Со смелой фантазией они — возьмем лишь несколько примеров — из водопроводящей жаберной щели сделали слуховой проход, заполненный воздухом и проводящий звуковые волны; из двух костей челюстного сустава — слуховые косточки; из теменного глаза — железу внутренней секреции (шишковидную железу); из передней лапы рептилии — крыло птицы и т.д. и т.д. Однако все эти переделки выглядят весьма скромно по сравнению с гениальным маленьким шедевром: из поведенческого акта, который не только первоначально мотивировался, но и в нынешней своей форме мотивируется внутривидовой агрессией — по крайней мере частично, — простым способом ритуально зафиксированного переориентирования получилось умиротворяющее действие. Это не больше и не меньше как обращение отталкивающего действия агрессии в его противоположность. Как мы видели в главе о ритуализации, обособившаяся церемония превращается в вожделенную самоцель, в *потреб-*

ность, как и любое другое инстинктивное действие; а вместе с тем она превращается и в прочные узы, соединяющие одного партнера с другим. *Церемония умиротворения такого рода по самой своей сути такова, что каждый из товарищей по союзу может выполнять ее лишь со вторым — и ни с кем больше из собратьев по виду.*

Только представьте себе, какая почти неразрешимая задача решена здесь самым простым, самым полным и самым изящным образом! Двух животных, которые своей внешней формой, расцветкой и поведением неизбежно действуют друг на друга, как красная тряпка на быка (это, впрочем, только в поговорке), нужно привести к тому, чтобы они мирно ужились в тесном пространстве, на гнезде, т.е. как раз на том месте, которое оба считают центром своих владений и в котором их внутривидовая агрессивность достигает наивысшего уровня. И эта задача, сама по себе трудная, дополнительно затрудняется тем обстоятельством, что внутривидовая агрессивность каждого из супругов не имеет права уменьшиться: мы уже знаем из 3-й главы, что за малейшее ослабление боеготовности по отношению к соседу собственного вида тотчас же приходится расплачиваться потерей территории, а значит и потерей источника питания для будущего потомства. При таких обстоятельствах вид «не может себе позволить» ради запрета схваток между супругами обратиться к таким церемониям умиротворения, которые имеют своей предпосылкой — как жесты покорности или инфантильное поведение — снижение агрессивности. Ритуализованное переориентирование не только избавляет от этих нежелательных последствий, но и более того — использует неизбежно исходящие от супруга ключевые раздражения, вызывающие агрессивность, чтобы обратить партнера против соседа. По-моему, этот механизм поведения поистине гениален, и вдобавок гораздо более благороден, чем аналогичное — с обратным знаком — поведение человека, который возвращается вечером домой, преисполненный внутренней ярости от общения с «любимыми» соседями или с начальством и разряжает всю свою нервозность и раздражение на бедную жену.

Любое особенно удачное конструктивное решение обычно обнаруживается на великом Древе Жизни неоднократно, совершенно независимо на разных его сучьях и ветвях. Крыло изобрели насекомые, рыбы, птицы и летучие мыши; обтекаемую форму — каракатицы, рыбы, ихтиозавры и киты. Потому нас не слишком удивляет, что предотвращающие борьбу механизмы поведения, основанные на ритуализованном переориентировании атаки, аналогичным образом возникают у очень многих разных животных.

Существует, например, изумительная церемония умиротворения — все знают ее как «танец» журавлей, — которая, с тех пор как мы научились понимать символику ее движений, прямо-таки напрашивается в перевод на человеческий язык. Птица высоко и угрожающе вытягивается перед другой и разворачивает мощные крылья, клюв нацелен на партнера, глаза устремлены прямо на него... Это картина серьезной угрозы — и на самом деле, до сих пор мимика умиротворения совершенно аналогична подготовке к нападению. Но в следующий момент птица направляет эту угрожающую демонстрацию в сторону от партнера, причем выполняет разворот точно на 180 градусов, и теперь — все так же, с распростертыми крыльями — подставляет партнеру свой беззащитный затылок, который, как известно, у серого журавля и у многих других видов украшен изумительно красивой рубиново-красной шапочкой. На секунду «танцующий» журавль подчеркнуто застывает в этой позе — и тем самым в понятной символике выражает, что его угроза направлена не против партнера, а совсем наоборот, как раз прочь от него, против враждебного внешнего мира; и в этом уже слышится мотив *защиты* друга. Затем журавль вновь поворачивается к другу и повторяет перед ним демонстрацию своего величия и мощи, потом снова отворачивается и теперь — что еще более знаменательно — делает ложный выпад против какого-нибудь эрзац-объекта; лучше всего, если рядом стоит посторонний журавль, но это может быть и безобидный гусь или даже, если нет никого, палочка или камушек, которые в этом случае подхватываются клювом и три-четыре раза подбрасываются в воздух. Все вместе взятое ясно говорит: «Я могуч и ужасен — но я не против тебя, а против вон того, того и того».

Быть может, менее сценичной в своем языке жестов, но еще более многозначительной является церемония умиротворения у уток и гусей, которую Оскар Хейнрот описал как *триумфальный крик*. Важность этого ритуала для нас состоит, прежде всего, в том, что у разных представителей упомянутых птиц он достиг очень разной степени сложности и завершенности; а эта последовательность постепенных переходов дает нам хорошую картину того, как здесь — в ходе эволюции из отводящих ярость жестов смущения получились узы, проявляющие какое-то таинственное родство с другими, с теми, что объединяют людей и кажутся нам самыми прекрасными и самыми прочными на нашей Земле.

В своей примитивнейшей форме, какую мы видим, к примеру, в так называемой «рэбрэб-болтовне» у кряквы, угроза очень

мало отличается от «приветствия». По крайней мере мне самому незначительная разница в ориентировании рэбрэб-кряканья — при угрозе в одном случае, и приветствии в другом— стала ясна лишь после того, как я научился понимать принцип переориентированной церемонии умиротворения в ходе внимательного изучения цихлид и гусей, у которых его легче распознать. Утки стоят друг против друга, с клювами, поднятыми чуть выше горизонтали, и очень быстро и взволнованно произносят двухслоговый сигнал голосовой связи, который у селезня обычно звучит как «рэб-рэб»; утка произносит несколько более в нос, что-то вроде «квэнг-квэнг». Но у этих уток не только социальное торможение атаки, а и страх перед партнером тоже может вызвать отклонение угрозы от направления на ее цель; так что два селезня часто стоят, всерьез угрожая друг другу, — крякая, с поднятым клювом, — но при этом не направляют клювы друг на друга. Если они все-таки это сделают, то в следующий момент начнут настоящую драку и вцепятся друг другу в оперение на груди. Однако обычно они целятся чуть-чуть мимо, даже при самой враждебной встрече.

Если же селезень «болтает» со своей уткой, — и уж тем более если отвечает этой церемонией на натравливание своей будущей невесты, — то очень отчетливо видно, как «что-то» тем сильнее отворачивает его клюв от утки, за которой он ухаживает, чем больше он возбужден в своем ухаживании. В крайнем случае это может привести к тому, что он, все чаще крякая, поворачивается к самке затылком. По форме это в точности соответствует церемонии умиротворения у чаек, описанной ранее, хотя нет никаких сомнений, что та церемония возникла именно так, как изложено там, а не за счет переориентирования. Это — предостережение против опрометчивых употреблений! Из только что описанного отворачивания головы селезня — в ходе дальнейшей ритуализации — у великого множества уток развились свои жесты, подставляющие затылок, которые играют большую роль при ухаживании у кряквы, чирка, шилохвости и других настоящих уток, а также и у гаг. Супружеская пара кряквы с особым увлечением празднует церемонию «рэбрэб-болтовни» в тех случаях, когда они теряли друг друга и снова нашли после долгой разлуки В точности то же самое относится и к жестам умиротворения с демонстрацией развернутого бока и хвостовыми ударами, которые мы уже знаем у супругов-цихлид. Как раз потому, что все это так часто происходит при воссоединении разлученных перед тем партнеров, первые наблюдатели зачастую воспринимали такие действия как «приветствие».

Хотя такое толкование отнюдь не неправильно для определенных, очень специализированных церемоний этого рода, большая частота и интенсивность жестов умиротворения именно в подобных ситуациях наверняка имеет изначально другое объяснение: притупление всех агрессивных реакций за счет привычки к партнеру частично проходит уже при кратком перерыве той ситуации, которая обусловила возникновение такой привычки. Очень впечатляющие примеры тому получаются, когда приходится изолировать ради какой-либо цели — хотя бы всего на один час — животное из стаи вместе выросших, очень друг к другу привыкших и потому более или менее сносно уживающихся друг с другом молодых петухов, цихлид, бойцовых рыбок малабарских дроздов или других, столь же агрессивных видов. Если после того попытаться вернуть животное к его прежним товарищам, то агрессия начинает бурлить, как перегретая вода при задержке кипения, от малейшего толчка.

Как мы уже знаем, действие привычки могут нарушить и другие, даже малейшие изменения общей ситуации. Моя старая пара малабарских дроздов летом 1961 года терпела своего сына из первого выводка, находившегося в клетке в той же комнате, что и их скворечник, гораздо дольше того срока, когда эти птицы обычно выгоняют повзрослевших детей из своих владений. Однако если я переставлял его клетку со стола на книжную полку — родители начинали нападать на сына столь интенсивно, что даже забывали вылетать на волю, чтобы принести корм маленьким птенцам, появившимся к этому времени. Такое внезапное обрушение запретов агрессии, построенных на привычке, представляет собой очевидную опасность, угрожающую связям между партнерами каждый раз, когда пара разлучается даже на короткий срок. Так же очевидно, что подчеркнутая церемония умиротворения, которая каждый раз наблюдается при воссоединении пары, служит не для чего иного, как для предотвращения этой опасности. С таким предположением согласуется и то, что «приветствие» бывает тем возбужденнее и интенсивнее, чем продолжительнее была разлука.

Наш человеческий *смех*, вероятно, тоже в своей первоначальной форме был церемонией умиротворения или приветствия. Улыбка и смех, несомненно, соответствуют различным степеням интенсивности одного и того же поведенческого акта, т.е. они проявляются при различных порогах специфического возбуждения, качественно одного и того же. У наших ближайших родственников — у шимпанзе и гориллы — нет, к сожалению, приветственной мимики, которая по форме и функции соответствовала бы смеху.

Зато есть у многих макак, которые в качестве жеста умиротворения скалят зубы — и время от времени, чмокая губами, крутят головой из стороны в сторону, сильно прижимая уши. Примечательно, что некоторые люди на Дальнем Востоке, приветствуя улыбкой, делают то же самое точно таким же образом. Но самое интересное — при интенсивной улыбке они держат голову так, что лицо обращено не прямо к тому, кого приветствуют, а чуть-чуть в сторону, мимо него. С точки зрения функциональности ритуала совершенно безразлично, какая часть его формы заложена в генах, а какая закреплена культурной традицией учтивости.

Во всяком случае, заманчиво считать приветственную улыбку церемонией умиротворения, возникшей — подобно триумфальному крику гусей — путем ритуализации переориентированной угрозы. При взгляде на обращенный мимо собеседника дружелюбный оскал учтивого японца появляется искушение предположить, что это именно так.

За такое предположение говорит и то, что при очень интенсивном, даже пылком приветствии двух друзей их улыбки внезапно переходят в громкий смех, который каждому из них кажется слишком не соответствующим его чувствам, когда при встрече после долгой разлуки он неожиданно прорывается откуда-то из вегетативных глубин. Объективный наблюдатель просто обязан уподобить поведение таких людей гусиному триумфальному крику.

Во многих отношениях аналогичны и ситуации, вызывающие смех. Если несколько простодушных людей, — скажем, маленьких детей, — *вместе* высмеивают кого-то другого или других, не принадлежащих к их группе, то в этой реакции, как и в других переориентированных жестах умиротворения, содержится изрядная доля агрессии, направленной наружу, на не-члена-группы. И смех, который обычно очень трудно понять, — возникающий при внезапной разрядке какой-либо конфликтной ситуации, — тоже имеет аналогии в жестах умиротворения и приветствия многих животных. Собаки, гуси и, вероятно, многие другие животные разражаются бурными приветствиями, когда внезапно разряжается мучительная ситуация конфликта. Понаблюдав за собой, я могу с уверенностью утверждать, что общий смех не только действует как чрезвычайно сильное средство отведения агрессии, но и доставляет ощутимое чувство социального единения.

Исходной, а во многих случаях даже главной функцией всех только что упомянутых ритуалов может быть простое предотвращение борьбы. Однако даже на сравнительно низкой ступени развития — как показывает, например, «рэб-рэб-болтовня» у кряквы — эти ритуалы уже достаточно автономны для того, чтобы превращаться в самоцель. Когда селезень кряквы, непрерывно издавая свой протяжный однослоговый призыв, — «рэээээб...», «рэээээб...», — ищет свою подругу, и когда, найдя ее наконец, впадает в подлинный экстаз «рэбрэб-болтовни», с задиранием клюва и подставлением затылка, — трудно удержаться от субъективизации и не подумать, что он ужасно радуется, обретя ее, и что его напряженные поиски были в значительной мере мотивированы стремлением к церемонии приветствия. При более высокоритуализованных формах собственно триумфального крика, какие мы находим у пеганок и тем паче у настоящих гусей, это впечатление значительно усиливается, так что слово «приветствие» уже не хочется брать в кавычки.

Вероятно, у всех настоящих уток, а также и у пеганки, которая больше всех прочих родственных видов похожа на них в отношении триумфального крика, — точнее, рэбрэб-болтовни, — эта церемония имеет и вторую функцию, при которой только самец выполняет церемонию умиротворения, в то время как самка *натравливает* его, как описано выше. Тонкий мотивационный анализ говорит нам, что здесь самец, направляющий свои угрожающие жесты в сторону соседнего самца своего вида, в глубине души агрессивен и по отношению к собственной самке, в то время как она на самом деле агрессивна только по отношению к тому чужаку и ничего не имеет против своего супруга. Этот ритуал, скомбинированный из переориентированной угрозы самца и из натравливания самки, в функциональном смысле совершенно аналогичен триумфальному крику гусей, при котором каждый из партнеров угрожает мимо другого. В особенно красивую церемонию он развился — наверняка независимо — у европейской связи и у пеганки. Интересно, что у чилийской связи, напротив, возникла столь же высокоспециализированная церемония, подобная триумфальному крику, при которой переориентированную угрозу выполняют оба супруга, как настоящие гуси и большинство крупных пеганок. Самка чилийской связи носит мужской наряд, с головкой переливчатой зелени и яркой красно-коричневой грудкой; это единственный случай у настоящих уток.

У огарей, египетских гусей и многих родственных видов самка выполняет такие же действия натравливания, но самец чаще реагирует на это не ритуализованной угрозой мимо своей самки, а

настоящим нападением на указанного супругой враждебного соседа. Вот когда тот побежден, — или, по крайней мере, схватка не закончилась сокрушительным поражением пары, — лишь тогда начинается несмолкающий триумфальный крик. У многих видов — андский гусь, оринокский гусь и др. — этот крик не только слагается в очень занятную музыкальную картину из-за разного звучания голосов самца и самки, но и превращается в забавнейшее представление из-за чрезвычайно утрированных жестов. Мой фильм с парой андских гусей, одержавших впечатляющую победу над любимым моим другом Нико Тинбергеном, — это настоящая комедия. Началось с того, что самка натравила своего супруга на знаменитого этолога коротким ложным выпадом в его сторону; гусак завелся не сразу, но постепенно пришел в такую ярость и бил ороговелым сгибом крыла так свирепо, что под конец Нико удирал весьма убедительно. Его ноги и руки, которыми он отбивался от гусака, были избиты и исклеваны в сплошной синяк. Когда враг-человек исчез, началась бесконечная триумфальная церемония, изобиловавшая слишком человеческими выражениями эмоций и потому действительно очень смешная.

Еще больше, чем у других видов пеганок, самка египетского гуся натравливает своего самца на всех сородичей, до каких только можно добраться, — а если таких нет, то, увы, и на птиц других видов; к великому огорчению владельцев зоопарков, которым приходится лишать этих красавцев возможности летать и попарно изолировать их. Самка египетского гуся следит за всеми схватками своего супруга с интересом профессионального рефери, но никогда не помогает ему, как иногда делают серые гусыни и всегда — самки цихлид. Более того— она всегда готова с развернутыми знаменами перейти к победителю, если ее супругу придется потерпеть поражение.

Такое поведение должно значительно влиять на половой отбор, поскольку здесь Премия Отбора назначается за максимальную боеспособность и боеготовность самца. И это снова наталкивает на мысль, которая уже занимала нас в конце 3-й главы. Может быть даже весьма вероятно, что эта драчливость египетских гусей, которая кажется наблюдателю прямо-таки сумасшедшей, является следствием внутривидового отбора и вообще не так уж важна для сохранения вида. Такая возможность должна нас беспокоить, потому что — как мы увидим в дальнейшем — подобные соображения касаются и эволюционного развития инстинкта агрессии у человека.

Кстати, египетский гусь принадлежит к тем немногим видам, у которых триумфальный крик в его функции церемонии умиротворения может *не сработать*. Если две пары разделить прозрачной, но непреодолимой сеткой, то они ярятся друг на друга через нее, все больше входят в раж, — и не так уж редко бывает, что вдруг, как по команде, супруги каждой пары обращаются друг к другу и затевают свирепую драку. Почти наверняка того же можно добиться и в том случае, если посадить в загон к паре «мальчика для битья» того же вида, а затем, когда избиение будет в разгаре, по возможности незаметно убрать его. Тут пара поначалу впадает в подлинный экстаз триумфального крика, который становится все более и более буйным, все меньше отличается от неритуализованной угрозы, — а затем, вдруг, влюбленные супруги хватают друг друга за шиворот и молотят по всем правилам, что обычно заканчивается победой самца, поскольку он заметно крупнее и сильнее самки. Но я никогда не слышал, чтобы накопление нерастраченной агрессии из-за долгого отсутствия «злого соседа» привело у них к убийству супруга, как это бывает у некоторых цихлид.

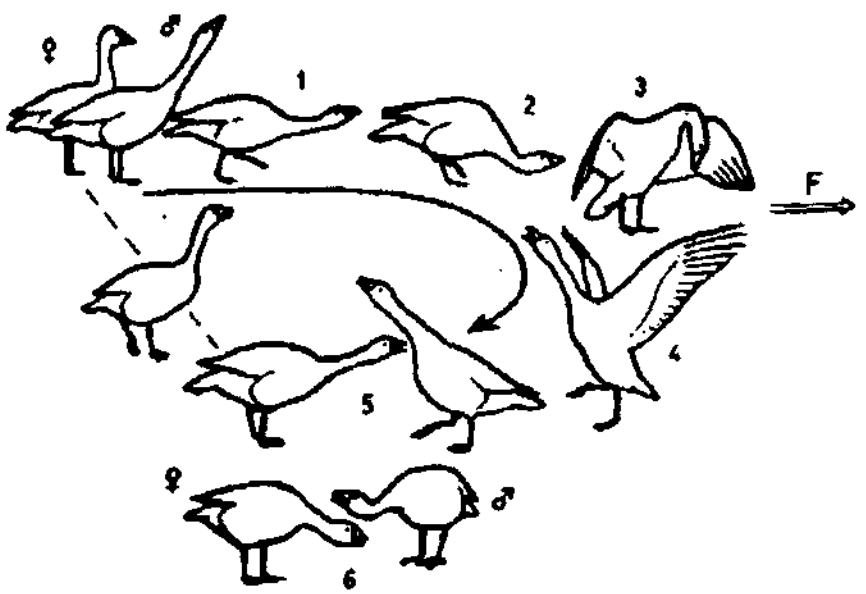
Тем не менее, и у египетских гусей, и у видов Tadorna наибольшее значение триумфальный крик имеет в функции громоотвода. Он нужен прежде всего там, где надвигается гроза, т.е. и внутреннее состояние животных, и внешняя ситуация вызывают внутривидовую агрессию. Хотя триумфальный крик, особенно у нашей европейской пеганки, и сопровождается высокодифференцированными, балетно преувеличенными телодвижениями,— он в меньшей степени свободен от первоначальных побуждений, лежащих в основе конфликта, нежели, скажем, уже описанное, не столь развитое по форме «приветствие» у многих настоящих уток. Совершенно очевидно, что у пеганок триумфальный крик все еще черпает большую часть энергии из первоначальных побуждений, конфликт которых некогда дал начало переориентированному действию. Даже при наличии явного, бросающегося в глаза стремления к нападению — церемония остается связанной с этими взаимно противодействующими факторами. Соответственно, у названных видов она подвержена сильным сезонным колебаниям: в период размножения она наиболее интенсивна, в спокойные периоды ослабевает, и — разумеется — полностью отсутствует у молодых птиц, до наступления половой зрелости.

У серых гусей, пожалуй даже у всех настоящих гусей, все это совершенно иначе. Прежде всего, у них триумфальный крик уже не является исключительно делом супружеской пары; он объеди-

няет не только целые семьи, но и вообще любые группы тесно сдружившихся птиц. Эта церемония стала почти или совсем независимой от половых побуждений, так что выполняется на протяжении всего года и свойственна даже совсем крошечным птенцам.

Последовательность движений здесь более длинная и более сложная, чем во всех описанных до сих пор ритуалах умиротворения. В то время как у цихлид, а часто и у пеганок, агрессия, которая отводится от партнера церемонией приветствия, ведет к *последующему* нападению на враждебного соседа, — у гусей в ритуализованной последовательности действий такое нападение *предшествует* сердечному приветствию. Иными словами, типичная схема триумфального крика состоит в том, что один из партнеров — как правило, сильнейший член группы, потому в паре это всегда гусак — нападает на действительного или воображаемого противника, сражается с ним, а затем — после более или менее убедительной победы — с громким приветствием возвращается к своим. От этого типичного случая, схематично изображенного Хельгой Фишер, происходит и само название триумфального крика.

Временная последовательность нападения и приветствия достаточно ритуализована для того, чтобы вся церемония в целом могла проводиться и при высокой интенсивности возбуждения,



даже в том случае, если для настоящей агрессии нет никакого повода. В этом случае нападение превращается в имитацию атаки в сторону какого-нибудь безобидного, стоящего поблизости гусенка либо вообще проводится вхолостую, под громкие фанфары так называемого «раската» — глухо звучащей хриплой трубы, которая сопровождает этот первый акт церемонии триумфального крика. Хотя при благоприятных условиях атака-раскат может мотивироваться только автономной мотивацией ритуала, такое нападение значительно облегчается, если гусак оказывается в ситуации, действительно вызывающей его агрессивность. Как показывает детальный мотивационный анализ, раскат возникает чаще всего, если птица находится в конфликте между нападением, страхом и социальными обязательствами. Узы, связывающие гусака с супругой и детьми, удерживают его на месте и не позволяют бежать, даже если противник вызывает в нем сильное стремление к бегству, а не только агрессивность. В этом случае он попадает в такое же положение, как загнанная в угол крыса, и «геройская» — с виду — храбрость, с какой отец семейства сам бросается на превосходящего противника, — это мужество отчаяния, уже знакомая нам критическая реакция.

Вторая фаза триумфального крика — поворот к партнеру, под аккомпанемент тихого гоготанья, — по форме движения совершенно аналогична жесту угрозы и отличается лишь тем, что направлена чуть в сторону, что обусловлено ритуально закрепленным переориентированием. Однако эта «угроза» мимо друга при нормальных обстоятельствах содержит уже очень мало либо вовсе не содержит агрессивной мотивации, а вызывается только автономным побуждением самого ритуала, особенным инстинктом, который мы вправе называть *социальным*.

Свободная от агрессии нежность гогочущего приветствия существенно усиливается *контрастом*. Гусак во время ложной атаки и раската уже выпустил основательный заряд агрессии, и теперь — когда он внезапно отвернулся от противника и обратился к возлюбленной семье — происходит перелом в настроении, который в соответствии с хорошо известными физиологическими и психологическими закономерностями толкает маятник в сторону, противоположную агрессии. Если собственная мотивация церемонии слаба, то в приветственном гоготанье может содержаться несколько большая доля агрессивного инстинкта. При совершенно определенных условиях, которые мы рассмотрим позже, церемония приветствия может «регрессировать», т.е. возвратиться на более раннюю ступень эволюционного развития, причем в нее может войти и подлинная агрессия (свойственная той ранней ступени).

Поскольку жесты приветствия и угрозы почти одинаковы, очень трудно заметить эту редкую и не совсем нормальную примесь побуждения к атаке в самом движении как таковом. Насколько похожи эти дружелюбные жесты на древнюю мимику угрозы — несмотря на коренное различие мотиваций, — видно из того, что их можно перепутать. Незначительное отклонение «угрозы» хорошо видно адресату спереди; но сбоку — в профиль — это отклонение совершенно незаметно, и не только наблюдателю-человеку, но и другому дикому гусю. По весне, когда семейные узы постепенно слабеют и молодые гусаки начинают искать себе невест, — часто случается, что один из братьев еще связан с другим семейным триумфальным криком, но уже стремится делать брачные предложения какой-нибудь чужой юной гусыне. Выражаются они отнюдь не в приглашении к спариванию, а в том, что он нападает на чужих гусей и затем, с приветствием, торопится к своей избраннице. Если его верный брат видит это сбоку — он, как правило, принимает сватовство за начало атаки на чужую гусыню; а поскольку все самцы в группе триумфального крика мужественно стоят друг за друга в борьбе, он яростно бросается на будущую невесту своего брата и начинает ее колотить. Сам он не испытывает к ней никаких чувств, и такое избиение вполне соответствовало бы выразительному движению брата-жениха, если бы то несло в себе не приветствие, а угрозу. Когда самка в испуге удирает, ее жених оказывается в величайшем смущении. Я отнюдь не приписываю гусям человеческих качеств: объективной физиологической основой любого смущения является конфликт противоречащих друг другу побуждений, а именно в таком состоянии — вне всяких сомнений — и находится наш молодой гусак. У молодого серого гуся невероятно сильно стремление защищать избранную самку, но столь же силен и запрет напасть на брата, который в это время еще является его сотоварищем по братскому триумфальному крику. Насколько непреодолим этот запрет, мы еще увидим в дальнейшем не впечатляющих примерах.

Если триумфальный крик и содержит сколь-нибудь существенный заряд агрессии по отношению к партнеру, то лишь в первой фазе с раскатом; в гогочущем приветствии она уже наверняка отсутствует. Поэтому — и Хельга Фишер того же мнения — приветствие уже не имеет функции умиротворения. Хотя оно «еще» в точности копирует символическую форму переориентированной угрозы, — между партнерами, совершенно определенно, не существует настолько сильной агрессивности, чтобы она нуждалась в отведении.

Лишь в одной, совершенно особой и быстро проходящей стадии индивидуального развития первоначальные побуждения, лежащие в основе переориентирования, отчетливо видны и в приветствии. (Впрочем, индивидуальное развитие триумфального крика у серых гусей — тоже детально изученное Хельгой Фишер — вовсе не является репродукцией его эволюционного становления; нельзя переоценивать пределы применимости закона повторений.) Новорожденный гусь — еще до того как он может ходить, стоять или есть — способен вытягивать шейку вперед, что сопровождается «гоготаньем» на тончайшей фистульной ноте. С самого начала этот звук двухслоговый, точно как «рэбрэб» или соответствующий писк утят. Уже через пару часов он превращается в многослоговое «пипипи», которое по ритму в точности совпадает с приветственным гоготаньем взрослых гусей. Вытягивание шеи и этот писк, несомненно, являются первой ступенью, из которой при взрослении гуся развиваются и выразительное движение угрозы, и вторая фаза триумфального крика. Из сравнительного исследования происхождения этих видов мы знаем наверняка, что в ходе эволюции приветствие произошло из угрозы за счет ее переориентирования и ритуализации. Однако в индивидуальном развитии тут же по форме жест *сначала означает приветствие*. Когда гусенок только что совершил тяжелую и небезопасную работу появления на свет и лежит мокрым комочком горя, с бессильно вытянутой шейкой,— из него можно вытянуть только одну-единственную реакцию. Если наклониться над ним и издать пару звуков, подражая голосу гусей, — он с трудом поднимает качающуюся головку, вытягивает шейку и приветствует. Крошечный дикий гусь ничего другого еще не может, но уже приветствует свое социальное окружение!

Как по смыслу выразительного движения, так и в отношении провоцирующей ситуации вытягивание шейки и писк у серых гусят соответствует именно приветствию, а не угрожающему жесту взрослых. Примечательно, однако, что по своей форме это движение аналогично как раз угрозе, так как характерное отклонение вытянутой шеи в сторону от партнера у совсем маленьких гусят *отсутствует*. Только когда им исполняется несколько недель, — среди пуха видны уже настоящие перья, — тогда это меняется. К этому времени птенцы становятся заметно агрессивнее по отношению к гусятам того же возраста из других семей: наступают на них с писком, вытянув шеи, и пытаются щипать. Но поскольку при таких потасовках детских семейных команд жесты угрозы и приветствия еще совершенно одинаковы, — понятно, что часто происходят не-

доразумения и кто-то из братцев и сестриц щиплет своего. В этой особой ситуации, впервые в онтогенезе, видно ритуализованное переориентирование приветственного движения: гусенок, обиженный кем-то из своих, не щиплется в ответ, а интенсивно пищит и вытягивает шею, которая совершенно отчетливо направлена мимо обидчика, хотя и под меньшим углом, чем это будет впоследствии, при полностью освоенной церемонии. Тормозящее агрессию действие этого жеста необычайно отчетливо: только что нападавшие братец или сестрица тотчас же отстают и в свою очередь переходят к приветствию, направленному мимо. Фаза развития, за время которой триумфальный крик приобретает столь заметное умиротворяющее действие, длится лишь несколько дней. Ритуализованное переориентирование быстро закрепляется и предотвращает впредь — за редкими исключениями — любые недоразумения. Кроме того, с окончательным усвоением ритуализованной церемонии приветствие подпадает под власть автономного социального инстинкта и уже вовсе не содержит агрессии к партнеру; либо содержит такую мизерную ее долю, что нет нужды в специальном механизме, который затормаживал бы нападение на него. В дальнейшем триумфальный крик функционирует исключительно в качестве уз, объединяющих членов семьи.

Бросается в глаза, что группа, объединенная триумфальным криком, является закрытой. Только что вылупившийся птенец приобретает членство в группе по праву рождения и принимается «не глядя», даже если он вовсе не гусь, а подкидыш, подсунутый рали эксперимента, например мускусная утка. Уже через несколько дней родители знают своих детей; дети тоже узнают родителей и с этих пор уже не проявляют готовности к триумфальному крику с другими гусями.

Если поставить довольно жестокий эксперимент с переносом гусенка в чужую семью, то бедный ребенок принимается в новое сообщество триумфального крика тем труднее, чем позже его вырвали из родного семейного союза. Дитя боится чужих; и чем больше оно выказывает этот страх, тем более они расположены набрасываться на него.

Трогательна детская доверчивость, с которой совсем неопытный, только что вылупившийся гусенок вышептывает предложение дружбы — свой крошечный триумфальный писк — первому существу, какое приближается к нему, «в предположении», что это должен быть кто-то из его родителей.

Но совершенно чужому — серый гусь предлагает триумфальный крик (а вместе с ним и вечную любовь и дружбу) лишь в одном-единственном случае: когда темпераментный юноша вдруг влюбляется в чужую девушку. Это безо всяких кавычек! Эти первые предложения совпадают по времени с моментом, когда почти годовалая молодежь должна уходить от родителей, которые собираются выводить новое потомство. Семейные узы при этом по необходимости ослабляются, но никогда не рвутся окончательно.

У гусей триумфальный крик еще более связан с персональным знакомством, чем у описанных выше уток. Утки тоже «болтают» лишь с определенными, знакомыми товарищами; однако у них узы, возникающие между участниками церемонии, не так прочны, и добиться принадлежности к группе у них не так трудно, как у гусей. У этих случается, что гусю, вновь прилетевшему в колонию, — или купленному, если речь идет о домашних, — требуются буквально годы, чтобы быть принятым в группу совместного триумфального крика.

Чужаку легче приобрести членство в группе триумфального крика окольным путем, если кто-то из партнеров этой группы влюбляется в него и они образуют семью. За исключением специальных случаев влюбленности и принадлежности к семье по праву рождения — триумфальный крик бывает тем интенсивнее, а узы, возникающие из него, тем прочнее, *чем дольше животные знают друг друга.* При прочих равных условиях можно утверждать, что прочность связей триумфального крика пропорциональна *степени знакомства* партнеров. Несколько утрируя, можно сказать, что узы триумфального крика между двумя или несколькими гусями возникают всегда, когда степень знакомства и доверия становятся для этого достаточной.

Когда ранней весной старые гуси предаются заботам о потомстве, а молодые, однолетки и двухлетки, любовным помыслам — всегда остается какое-то количество неспарившихся гусей разного возраста, которые как «третьи лишние» эротически не заняты: и они всегда объединяются в большие или меньшие группы. Обычно мы кратко называем их бездетными. Это выражение неточно, так как многие молодые новобрачные, уже образовавшие прочные пары, тоже еще не высиживают птенцов. В таких бездетных группах могут возникать по-настоящему прочные триумфальные крики, не имеющие ни малейшей связи с сексуальностью. Обстоятельства принуждают каждого из двух одиноких гусей к общению с другим, и случайно может возникнуть бездетное содружество сам-

ца и самки. Именно это произошло в нынешнем году, когда старая овдовевшая гусыня вернулась из нашей дочерней колонии серых гусей на Аммерзее и объединилась с вдовцом, жившим на Зеевизен, супруга которого скончалась незадолго перед тем по неизвестной причине. Я думал, что здесь начинается образование новой пары, но Хельга Фишер с самого начала была убеждена, что речь идет о типичном бездетном триумфальном крике, который может еще раз связать взрослого самца с такой же самкой. Так что — вопреки иному мнению — между мужчинами и женщинами бывают и отношения подлинной дружбы, не имеющие ничего общего с влюбленностью. Впрочем, из такой дружбы легко *может* возникнуть любовь, и у гусей тоже. Существует давно известный трюк в разведении диких гусей: двух гусей, которых хотят спаровать, вместе пересаживают в другой зоопарк или в другую компанию водоплавающих птиц. Там их обоих не любят, как «гадкого утенка», и им приходится искать общества друг друга. Таким образом добиваются, как минимум, возникновения бездетного триумфального крика — и можно надеяться, что из него получится пара. Однако в моей практике было очень много случаев, когда такие вынужденные связи тотчас же разрушались при возвращении птиц в прежнее окружение.

Связь между триумфальным криком и сексуальностью, т.е. собственно инстинктом копуляции, не так легко понять. Во всяком случае, эта связь слаба, и все непосредственно половое играет в жизни диких гусей сугубо подчиненную роль. Что объединяет пару гусей на всю жизнь — это триумфальный крик, а не половые отношения супругов. Наличие прочных уз триумфального крика между двумя индивидами «прокладывает путь», т.е. до какой-то степени способствует появлению половой связи. Если два гуся — это могут быть и два гусака — очень долго связаны союзом этой церемонии, то в конце концов они, как правило, пробуют совокупляться. Напротив, половые связи, которые часто возникают уже у годовалых птиц, — задолго до наступления половой зрелости, — по-видимому никак не благоприятствуют развитию уз триумфального крика. Если две молодые птицы многократно совокупляются, из этого нельзя делать каких-либо выводов о возникновении будущей пары.

Напротив, достаточно лишь самого малого намека на предложение триумфального крика со стороны молодого гусака, — если только он находит ответ у самки, — чтобы со значительной вероятностью предсказать, что из этих двух сложится прочная пара. Эти нежные отношения, в которых сексуальные реакции вообще не

играют никакой роли, к концу лета или к началу осени кажутся уже совершенно исчезнувшими; однако, когда по второй весне своей жизни молодые гуси начинают серьезное ухаживание — они поразительно часто находят свою прошлогоднюю первую любовь. Слабая и в некотором смысле односторонняя связь, существующая между триумфальным криком и копуляцией у гусей, в значительной степени аналогична той, какая бывает и у людей, — связи между влюбленностью и грубо-сексуальными реакциями. «Чистая» любовь через нежность ведет к физическому сближению, которое при этом отнюдь не рассматривается как нечто существенное в данной связи; в то же время, возбуждающие ситуации и партнеры, вызывающие сильнейшее сексуальное влечение, далеко не всегда приводят к пылкой влюбленности. У серых гусей эти две функциональные сферы могут быть так же оторваны и независимы одна от другой, как и у людей, хотя, разумеется, «в нормальном случае», для выполнения своей задачи по сохранению вида, они должны совпадать и относиться к одному и тому же индивиду.

Понятие «нормального» является одним из самых трудноопределимых во всей биологии; но в то же время, к сожалению, оно столь же необходимо, как и обратное ему понятие патологического. Мой друг Бернхард Холлман, когда ему попадалось что-нибудь особенно причудливое или необъяснимое в строении или поведении какого-либо животного, обычно задавал наивный с виду вопрос: «Конструктор этого хотел?» И в самом деле, *единственная* возможность определить «нормальную» структуру или функцию состоит в том, что мы утверждаем: они являются как раз такими, какие *под давлением отбора* должны были развиться именно в данной форме — и ни в какой иной — *ради выполнения задачи сохранения вида*. К несчастью, это определение оставляет в стороне все то, что развилось именно так, а не иначе, по чистой случайности — но вовсе не должно подпадать под определение ненормального, патологического. Однако мы понимаем под «нормальным» отнюдь не какое-то среднее, полученное из всех наблюдавшихся случаев; скорее это выработанный эволюционный *тип*, который — по понятным причинам — *в чистом виде* осуществляется крайне редко или вообще никогда. Тем не менее, эта сугубо идеальная конструкция нам необходима, чтобы было с чем сравнивать реальные случаи. В учебнике зоологии поневоле приходится описывать — в качестве представителя вида — какого-то совершенного, идеального мотылька; мотылька, который именно в этой форме не встречается нигде и никогда, потому что все экземпляры, какие можно

найти в коллекциях, отличаются от него, каждый чем-то своим. Точно так же мы не можем обойтись без «идеальной» конструкции нормального поведения серых гусей или какого-либо другого вида животных; такого поведения, которое осуществлялось бы без влияния каких-либо помех и которое встречается не чаще, чем безупречный тип мотылька. Люди, одаренные хорошей способностью к образному восприятию, *видят* идеальный тип структуры или поведения совершенно непосредственно, т.е. они в состоянии вычленить сущность типичного из фона случайных мелких несообразностей. Когда мой учитель Оскар Хейнрот в своей, ставшей классической, работе о семействе утиных (1910) описал пожизненную и безусловную супружескую верность серых гусей в качестве «нормы», — он совершенно правильно абстрагировал свободный от нарушений идеальный тип; хотя он и не мог наблюдать его в действительности уже потому, что гуси живут иногда более полувека, а их супружеская жизнь всего на два года короче. Тем не менее его высказывание верно, и определенный им тип настолько же необходим для описания и анализа поведения, насколько бесполезна была бы средняя норма, выведенная из множества единичных случаев. Когда я недавно, уже работая над этой главой, просматривал вместе с Хельгой Фишер все ее гусиные протоколы, то — несмотря на все вышеуказанные соображения — был как-то разочарован тем, что описанный моим учителем нормальный случай абсолютной «верности до гроба» среди великого множества наших гусей оказался сравнительно редок. Возмутившись моим разочарованием, Хельга сказала бессмертные слова: «Чего ты от них хочешь? *Ведь гуси тоже всего лишь люди!*»

У диких гусей, в том числе — это *доказано* — и у живущих на воле, бывают очень существенные отклонения от нормы брачного и социального поведения. Одно из них, очень частое, особенно интересно потому, что у гусей оно поразительным образом способствует, а не вредит сохранению вида, хотя у людей во многих культурах сурово осуждается; я имею в виду связь между двумя мужчинами. Ни во внешнем облике, ни в определении обоих полов у гусей нет резких, качественных различий. Единственный ритуал при образовании пары, — так называемый изгиб шеи, — который у разных полов существенно отличается, выполняется лишь в том случае, когда будущие партнеры не знают друг друга и потому несколько побаиваются. Если этот ритуал пропущен, то ничто не мешает гусаку адресовать свое предложение триумфального крика не самке, а другому самцу. Такое происходит особенно часто, хотя

не только в тех случаях, когда все гуси слишком хорошо знают друг друга из-за тесного содержания в неволе. Пока мое отделение Планковского Института физиологии поведения располагалось в Бульдерне, в Вестфалии, и нам приходилось держать всех наших водоплавающих птиц на одном, сравнительно небольшом пруду,— это случалось настолько часто, что мы долгое время ошибочно считали, будто нахождение разнополых партнеров происходит у серых гусей лишь методом проб и ошибок. Лишь много позже мы обнаружили функцию церемонии изгиба шеи, в подробности которой не станем здесь вдаваться.

Когда молодой гусак предлагает триумфальный крик другому самцу и тот соглашается, то каждый из них приобретает гораздо лучшего партнера и товарища, — насколько это касается именно данной функциональной сферы, — чем мог бы найти в самке. Так как внутривидовая агрессия у гусаков сильнее, чем у гусынь, то и сильнее предрасположенность к триумфальному крику, и они вдохновляют друг друга на великие дела. Поскольку ни одна разнополая пара не в состоянии им противостоять, такая пара гусаков приобретает очень высокое, если не наивысшее положение в иерархии своей колонии. Они хранят пожизненную верность друг другу, по крайней мере не меньшую, чем в разнополых парах. Когда мы разлучили нашу старейшую пару гусаков, Макса и Копфшлица, сослав Макса в дочернюю колонию серых гусей на Ампер-Штаузее у Фюрстенфельдбрюка, то через год траура оба они спаровались с самками, и обе пары вырастили птенцов. Но когда Макса вернули на Эсс-зее, — без супруги и без детей, которых мы не смогли поймать, — Копфшлиц моментально бросил свою семью и вернулся к нему. Супруга Копфшлица и его сыновья, по-видимому, оценили ситуацию совершенно точно и пытались прогнать Макса яростными атаками, но им это не удалось. Сегодня два гусака держатся вместе, как всегда, а покинутая супруга Копфшлица уныло ковыляет за ними следом, соблюдая определенную дистанцию.

Понятие, которое обычно связывается со словом «гомосексуальность», определено и очень плохо, и очень широко. «Гомосексуалист» — это и одетый в женское платье, подкрасившийся юноша в притоне, и герой греческих мифов; хотя первый из них в своем поведении приближается к противоположному полу, а второй — во всем, что касается его поступков, — настоящий супермен и отличается от нормального мужчины лишь выбором объектов своей половой активности. В эту категорию попадают и наши «гомосексуальные» гусаки. Им извращение более «простительно», чем Ахил-

лу и Патроклу, уже потому, что самцы и самки у гусей различаются меньше, чем у людей. Кроме того, они ведут себя гораздо более «по-людски», чем большинство людей-гомосексуалистов, поскольку никогда не совокупляются и не производят заменяющих действий, либо делают это в крайне редких, исключительных случаях. Правда, по весне можно видеть, как они торжественно исполняют церемонию прелюдии к совокуплению: то красивое, грациозное погружение шеи в воду, которое видел у лебедей и прославил в стихах поэт Гёльдерлин. Когда после этого ритуала они намереваются перейти к копуляции, то — естественно — каждый пытается взобраться на другого, и ни один не думает распластаться на воде на манер самки. Дело, таким образом, заходит в тупик, и они бывают несколько рассержены друг на друга, однако оставляют свои попытки без особого возмущения или разочарования. Каждый из них в какой-то степени относится к другому как к своей жене, но если она несколько фригидна и не хочет отдаваться — это не наносит сколь-нибудь заметного ущерба их великой любви. К началу лета гусаки постепенно привыкают к тому, что копуляция у них не получается, и прекращаются свои попытки; однако интересно, что за зиму они успевают это забыть и следующей весной с новой надеждой стараются потоптать друг друга.

Часто, хотя далеко не всегда, сексуальные побуждения таких гусаков, связанных друг с другом триумфальным криком, находят выход в другом направлении. Эти гусаки оказываются невероятно притягательным для одиноких самок, что вероятно объясняется их высоким иерархическим рангом, который они приобретают благодаря объединенной боевой мощи. Во всяком случае, рано или поздно находится гусыня, которая на небольшом расстоянии следует за двумя такими героями, но влюблена — как показывают детальные наблюдения и последующий ход событий — *в одного* из них. Поначалу такая девушка стоит или соответственно плавает рядышком, как бедный «третий лишний», когда гусаки предпринимают свои безуспешные попытки к соитию; но рано или поздно она изобретает хитрость — и в тот момент, когда ее избранник пытается взобраться на партнера, она быстренько втискивается между ними в позе готовности. При этом она *всегда* предлагает себя *одному и тому же* гусаку! Как правило, он взбирается на нее; однако тотчас же после этого — тоже как правило — поворачивается к своему другу и выполняет для него финальную церемонию: «Но думал-то я при этом о тебе!» Часто второй гусак принимает участие в этой заключительной церемонии, по всем правилам. В одном из запротоколированных случаев гусыня не следовала повсюду за обоими гусаками, а около полудня, когда у гусей особенно сильно половое возбуждение, ждала своего возлюбленного в определенном углу пруда. Он приплывал к ней второпях, а тотчас после соития снимался и летел на пруд назад к своему другу, чтобы исполнить с ним эпилог спаривания, что казалось особенно недружелюбным по отношению к даме. Впрочем, она не выглядела «оскорбленной».

Для гусака такая половая связь может постепенно превратиться в «любимую привычку», а гусыня с самого начала была готова добавить свой голос к его триумфальному крику. С упрочением знакомства уменьшается дистанция, на которой следует гусыня за парой самцов; так что другой, который ее не топчет, тоже все больше и больше привыкает к ней. Затем она очень постепенно, сначала робко, а потом со все возрастающей уверенностью начинает принимать участие в триумфальном крике обоих друзей, а они все больше и больше привыкают к ее постоянному присутствию. Таким обходным путем, через долгое-долгое знакомство, самка из более или менее нежелательного довеска к одному из гусаков превращается в почти полноправного члена группы триумфального крика, а через очень долгое время — даже в совершенно полноправного.

Этот длительный процесс может быть сокращен одним чрезвычайным событием. Если гусыня, не получавшая ни от кого помощи в защите гнездового участка, сама добыла себе место, сама устроила гнездо и насиживает яйца — вот тут может случиться, что оба гусака находят ее и адаптируют (либо во время насиживания, либо уже после появления птенцов). То есть, строго говоря, они адаптируют выводок, гусят; но мирятся с тем, что у них есть мать и что она шумит вместе со всеми, когда они триумфально кричат со своими приемными детьми, которые в действительности являются отпрысками одного из них. Стоять на страже у гнезда и водить за собой детей — это, как писал уже Хейнрот, поистине вершины жизни гусака, очевидно более нагруженные эмоциями и аффектацией, нежели прелюдия к сиютию и оно само; потому здесь создается лучший мост для установления тесного знакомства участвующих индивидов и для возникновения общего триумфального крика. Независимо от пути, в конце концов через несколько лет они приходят к настоящему браку втроем, при котором раньше или позже второй гусак тоже начинает топтать гусыню и все три птицы вместе участвуют в любовной игре. Самое замечательное в этом тройственном браке — а мы имели возможность наблюдать целый

ряд таких случаев — состоит в его биологическом успехе: они постоянно держатся на самой вершине иерархии в своей колонии, всегда сохраняют свой гнездовой участок и из года в год выращивают достаточно многочисленное потомство. Таким образом, «гомосексуальные» узы триумфального крика двух гусаков никак нельзя считать чем-то патологическим, тем более что они встречаются и у гусей, живущих на свободе: Питер Скотт наблюдал у диких коротконосых гусей в Исландии значительный процент семей, которые состояли из двух самцов и одной самки. Там биологическое преимущество, вытекающее из удвоения оборонной мощи отцов, было еще более явным, чем у наших гусей, в значительной степени защищенных от хищников.

Я достаточно подробно описал, как новый член может быть принят в закрытый круг группы триумфального крика в силу долгого знакомства. Осталось показать еще такое событие, при котором узы триумфального крика возникают внезапно, словно взрыв, и мгновенно связывают двух индивидов навсегда. Мы говорим в этом случае — безо всяких кавычек, — что они влюбились друг в друга. Английское «to fall in love» и ненавистное мне из-за его вульгарности немецкое выражение «втюриться» — оба наглядно передают внезапность этого события.

У самок и у очень молодых самцов изменения в поведении — из-за некоторой «стыдливой» сдержанности — бывают не столь явными, как у взрослых гусаков, но отнюдь не менее глубокими и роковыми, скорее наоборот. Зрелый же самец оповещает о своей любви фанфарами и литаврами; просто невероятно, насколько может внешне изменяться животное, не располагающее ни ярким брачным нарядом, как костистые рыбы, распаленные таким состоянием, ни специальной структурой оперения, как павлины и многие другие птицы, демонстрирующие при сватовстве свое великолепие. Со мной случалось, что я буквально не узнавал хорошо знакомого гусака, если он успевал «влюбиться» со вчера на сегодня. Мышечный тонус повышен, в результате возникает энергичная, напряженная осанка, меняющая обычный контур птицы; каждое движение производится с избыточной мощью; взлет, на который в другом состоянии решиться трудно, влюбленному гусаку удается так, словно он не гусь, а колибри; крошечные расстояния, которые каждый разумный гусь прошел бы пешком, он пролетает, чтобы шумно, с триумфальным криком обрушиться возле своей обожаемой. Такой гусак разгоняется в тормозит, как подросток на мотоцикле, и в поисках ссор, как мы уже видели, тоже ведет себя очень похоже.

Влюбленная юная самка не навязывается своему возлюбленному, никогда не бегает за ним; самое большее — она «как бы случайно» находится в тех местах, где он часто бывает. Благосклонна ли она к его сватовству, гусак узнает только по игре ее глаз; причем когда он совершает свои подвиги, она смотрит *не прямо* на него, а «будто бы» куда-то в сторону. На самом деле она смотрит на него, но не поворачивает головы, чтобы не выдать направление своего взгляда, а следит за ним краем глаза, точь-в-точь как это бывает у дочерей человеческих.

Как это, к сожалению, бывает и у людей, иногда волшебная стрела Амура попадает только в одного. Судя по нашим протоколам, это чаще случается с юношей, чем с девушкой; но тут возможна ошибка, за счет того, что тонкие внешние проявления девичьей влюбленности у гусей тоже труднее заметить, чем более явные проявления мужской. У самца сватовство часто бывает успешным и тогда, когда предмет его любви не отвечает ему таким же чувством, потому что ему дозволено самым беззастенчивым образом преследовать свою возлюбленную, отгонять всех других претендентов и безмерным упорством своего постоянного, преисполненного ожиданий присутствия постепенно добиться того, что она привыкает к нему и вносит свой голос в его триумфальный крик. Несчастная и окончательно безнадежная влюбленность случается главным образом тогда, когда ее объект уже прочно связан с кем-то другим. Во всех наблюдавшихся случаях такого рода гусаки очень скоро отказывались от своих притязаний. Но об одной очень ручной гусыне, которую я сам вырастил, в протоколе значится, что она более четырех лет в неизменной любви своей ходила следом за счастливым в браке гусаком. Она всегда «как бы случайно» скромно присутствовала на расстоянии нескольких метров от его семьи. И ежегодно доказывала верность своему возлюбленному неоплодотворенной кладкой.

Верность в отношении триумфального крика и сексуальная верность своеобразно коррелируются, хотя и по-разному у самок и у самцов. В идеальном нормальном случае, когда все ладится и не возникает никаких помех, — т.е. когда пара здоровых, темпераментных серых гусей влюбляется друг в друга по первой своей весне, и ни один из них не теряется, не попадает в зубы к лисе, не погибает от глистов, не сбивается ветром в телеграфные провода и т.д., — оба гуся, скорее всего, будут всю жизнь верны друг другу как в триумфальном крике, так и в половой связи. Если судьба разрушает узы первой любви, то и гусак, и гусыня могут вступить

в новый союз триумфального крика, — тем легче, чем раньше случилась беда, — хотя при этом заметно нарушается моногамность половой активности, причем у гусака сильнее, чем у гусыни. Такой самец вполне нормально празднует триумфы со своей супругой, честно стоит на страже у гнезда, защищает свою семью так же отважно, как и любой другой; короче говоря, он во всех отношениях образцовый отец семейства — только при случае топчет других гусынь. В особенности он предрасположен к этому греху в тех случаях, когда его самки нет поблизости; например, он где-то вдали от гнезда, а она сидит на яйцах. Но если его «любовница» приближается к выводку или к центру их гнездового участка, гусак очень часто нападает на нее и гонит прочь. Зрители, склонные очеловечивать поведение животных, в таких случаях обвиняют гусака в стремлении сохранить его «связь» в тайне от супруги, — что, разумеется, означает чрезвычайное преувеличение его умственных способностей. В действительности, возле семьи или гнезда он реагирует на чужую гусыню так же, как на любого гуся, не принадлежащего к их группе; в то время как на нейтральной территории отсутствует реакция защиты семейства, которая мешала бы ему видеть в ней самку. Чужая самка является лишь партнершей в половом акте; гусак не проявляет никакой склонности задерживаться возле нее, ходить с ней вместе и уж тем более защищать ее или ее гнездо. Если появляется потомство, то выращивать своих внебрачных детей ей приходится самой.

«Любовница», со своей стороны, старается осторожно и «как бы случайно» быть поближе к своему другу. Он ее не любит, но она его — да, т.е. она с готовностью приняла бы его предложение триумфального крика, если бы он такое сделал. У самок серых гусей готовность к половому акту гораздо сильнее связана с влюбленностью, чем у самцов; иными словами, известная диссоциация между узами любви и сексуальным влечением у гусей тоже легче и чаще проявляется среди мужчин, чем среди женщин. И войти в новую связь, если порвалась прежняя, гусыне тоже гораздо труднее, чем гусаку. Прежде всего это относится к ее первому вдовству. Чем чаще она становится вдовой или партнер ее покидает — тем легче ей становится найти нового; впрочем, тем слабее бывают, как правило, новые узы. Поведение многократно вдовевшей или «разводившейся» гусыни весьма далеко от типичного. Сексуально более активная, менее заторможенная чопорностью, чем молодая самка, — одинаково готовая вступить и в новый союз триумфального крика, и в новую половую связь, — такая гусыня становится прототипом «роковой женщины». Она прямо-таки провоцирует серьезное сватовство молодого гусака, который был бы готов к пожизненному союзу, но через короткое время повергает своего избранника в горе, бросая его ради нового возлюбленного. Биография самой старой нашей серой гусыни Ады — чудесный пример всего сказанного. Ее история закончилась поздней «великой страстью» и счастливым браком, но это довольно редкий случай. Протокол Ады читается, как захватывающий роман, — но ему место не в этой книге.

Чем дольше прожила пара в счастливом супружестве и чем ближе подходило их бракосочетание к очерченному выше идеальному случаю, тем труднее бывает, как правило, овдовевшему супругу вступить в новый союз триумфального крика. Самке, как мы уже говорили, еще труднее, чем самцу. Хейнрот описывает случаи, когда овдовевшие гусыни до конца жизни оставались одинокими и сексуально пассивными. У гусаков мы ничего подобного не наблюдали: даже поздно овдовевшие сохраняли траур не больше года, а затем начинали вступать в систематические половые связи, что в конечном итоге окольным путем приводило все к тем же узам триумфального крика. Из только что описанных правил существует масса исключений. Например, мы видели, как одна гусыня, долго прожившая в безукоризненном браке, тотчас же после потери супруга вступила в новый, во всех отношениях полноценный брак. Наше объяснение, что, мол, в прежнем супружестве что-то все-таки и было, вероятно, не в порядке, уж очень похоже на «домогательство первопричин» («petitio principii»).

Подобные исключения настолько редки, что мне, пожалуй, лучше было бы вообще о них промолчать, чтобы не портить правильное впечатление о прочности и постоянстве, которые характеризуют узы триумфального крика *не только* в идеализированном «нормальном» случае, но и в статистическом среднем из всех наблюдавшихся случаев. Если воспользоваться каламбуром, то триумфальный крик — это лейтмотив среди всех мотиваций, определяющих повседневную жизнь диких гусей. Он постоянно звучит едва заметным призвуком в обычном голосовом контакте, — в том гоготанье, которое Зелма Лагерлеф удивительно верно перевела словами: «Здесь я, ты где?» — несколько усиливаясь при недружелюбной встрече двух семей и полностью исчезая лишь при кормежке на пастбище, а особенно — при тревоге, при общем бегстве или при перелетах крупных стай на большие расстояния. Однако едва лишь проходит такое волнение, временно подавляющее триумфальный

крик, как у гусей тотчас же вырывается — в определенной степени как симптом контраста — быстрое приветственное гоготанье, которое мы уже знаем как самую слабую степень триумфального крика. Члены группы, объединенной этими узами, целый день и при каждом удобном случае, так сказать, уверяют друг друга: «Мы едины, мы вместе против всех чужих».

По другим инстинктивным действиям мы уже знаем о той замечательной спонтанности, об исходящем из них самих производстве стимулов, которое является специфичным для какого-то определенного поведенческого акта и масса которого в точности настроена на «потребление» данного действия; т.е. производство тем обильнее, чем чаще животному приходится выполнять данное действие. Мыши должны грызть, курицы клевать, а белки прыгать. При нормальных жизненных условиях им это необходимо, чтобы прокормиться. Но когда в условиях лабораторного плена такой нужны *нет* — им это все равно необходимо; именно потому, что все инстинктивные действия порождаются внутренним производством стимулов, а внешние раздражители лишь направляют осуществление этих действий в конкретных условиях места и времени. Точно так же серому гусю необходимо триумфально кричать, и если отнять у него возможность удовлетворять эту потребность, то он превращается в патологическую карикатуру на самого себя. Он не может разрядить накопившийся инстинкт на каком-нибудь эрзац-объекте, как это делает мышь, грызущая что попало, или белка, стереотипно скачущая по клетке, чтобы избавиться от своей потребности в движении. Серый гусь, не имеющий партнера, с которым можно триумфально кричать, сидит или бродит печальный и подавленный. Если Йеркс однажды так метко сказал о шимпанзе, что *один* шимпанзе — это вообще не шимпанзе, то к диким гусям это относится еще в большей степени, даже тогда — как раз, особенно тогда, — когда одинокий гусь находится в густонаселенной колонии, где у него нет партнера по триумфальному крику. Если такая печальная ситуация преднамеренно создается в опыте, в котором одного-единственного гусенка выращивают, как Каспара Хаузера[1], изолированно от сородичей, то у этого несчастного создания

[1] Каспар Хаузер (1812–1833) — его происхождение загадочно. Объявился в Нюрнберге в мае 1828 г. Назвался Каспаром Хаузером; рассказывал о себе, что сидел один в темном помещении, сколько себя помнит. Его история послужила сюжетом целого ряда литературных произведений, поэтому немецкому читателю «К.Х.» говорит о многом.

ния наблюдается ряд характерных поведенческих отклонений. Они относятся и к неодушевленному, и — в еще большей степени — к одушевленному окружению; и чрезвычайно многозначительно похожи на отклонения, установленные Рене Шпицем у госпитализированных детей, которые лишены достаточных социальных контактов. Такое существо не только лишено способности реагировать должным образом на раздражения из внешней среды; оно старается, по возможности, уклониться от любых внешних воздействий. Поза лежа лицом к стене является при таких состояниях «патогномической», т.е. она уже сама по себе достаточна для диагноза. Так же и гуси, которых психически искалечили подобным образом, садятся, уткнувшись клювом в угол комнаты; а если поместить в одну комнату двух — как мы сделали однажды, — то в два угла, расположенные по диагонали. Рене Шпиц, которому мы показали этот эксперимент, был просто потрясен такой аналогией между поведением наших подопытных животных и тех детей, которых он изучал в сиротском приюте. В отличие от детей, про гусей мы еще не знаем, насколько такой калека поддается лечению, ибо на восстановление требуются годы. Пожалуй, еще более драматично, чем такая экспериментальная помеха возникновению уз триумфального крика, действует насильственный разрыв этих уз, который в естественных условиях случается слишком часто. Первая реакция на исчезновение партнера состоит в том, что серый гусь изо всех сил старается его отыскать. Он беспрерывно, буквально день и ночь, издает трехслоговый дальний зов, торопливо и взволнованно обегает привычные места, в которых обычно бывал вместе с пропавшим, и все больше расширяет радиус своих поисков, обегая большие пространства с непрерывным призывным криком. С утратой партнера тотчас же пропадает какая бы то ни было готовность к борьбе, осиротевший гусь вообще перестает защищаться от своих сородичей, убегает от более молодых и слабых; а поскольку о его состоянии сразу же «начинаются толки» в колонии, то он мигом оказывается на самой низшей ступени иерархии. Порог всех раздражений, вызывающих бегство, понижается; птица проявляет крайнюю трусость не только по отношению к сородичам, она реагирует на все раздражения внешнего мира с большим испугом, чем прежде. Гусь, бывший до этого ручным, может начать бояться людей, как дикий.

Иногда, правда, у гусей, выращенных человеком, может случиться обратное: осиротевшая птица снова привязывается к своему опекуну, на которого уже не обращала никакого внимания, пока

была счастливо связана с другими гусями. Так произошло, например, с гусаком Копфшлицем, когда мы отправили в ссылку его друга Макса. Дикие гуси, нормальным образом выращенные их собственными родителями, в случае потери партнера могут вернуться к родителям, к своим братьям и сестрам, с которыми они перед тем уже не поддерживали каких-либо заметных отношений, но — как показывают именно эти наблюдения — сохраняли латентную привязанность к ним. Несомненно, к этой же сфере явлений относится и тот факт, что гуси, которых мы уже взрослыми переселили в дочерние колонии нашего гусиного хозяйства — на озеро Аммерзее или на пруды Амперштаувайер в Фюрстенфельдбрюке, — возвращались в прежнюю колонию на Эсс-зее именно тогда, когда теряли своих супругов или партнеров по триумфальному крику.

Все описанные выше симптомы, относящиеся к вегетативной нервной системе и к поведению, очень похоже проявляются и у скорбящих людей. Джон Боулби в своем исследовании грусти у маленьких детей дал наглядную трогательную картину этих явлений; и просто невероятно, до каких деталей простирается здесь аналогия между человеком и птицей! В точности как человеческое лицо при длительном сохранении описанного депрессивного состояния бывает отмечено постоянной неподвижностью — «убито горем», — то же самое происходит и с лицом серого гуся. В обоих случаях за счет длительного снижения симпатического тонуса особенно подвержены изменениям нижние окологлазья, что характерно для внешнего проявления «опечаленности». Мою любимую старую гусыню Аду я издали узнаю среди сотен других гусей по этому скорбному выражению ее глаз; и я получил однажды впечатляющее подтверждение, что это не плод моей фантазии. Один очень опытный знаток животных, особенно птиц, ничего не знавший о предыстории Ады, вдруг показал на нее и сказал: «Это гусыня, должно быть, хлебнула горя!»

Из принципиальных соображений теории познания мы считаем ненаучными, незаконными любые высказывания о субъективных переживаниях животных, за исключением одного: субъективные переживания у животных есть. Нервная система животного отличается от нашей, как и происходящие в ней процессы; и можно принять за аксиому, что переживания, идущие параллельно с этими процессами, тоже качественно отличаются от наших. Но эта теоретически трезвая установка по поводу субъективных переживаний у животных, естественно, никак не означает, что отрицается их существование. мой учитель Хейнрот на упрек, что он

будто бы видит в животном бездушную машину, обычно отвечал с улыбкой: «Совсем наоборот, я считаю животных *эмоциональными людьми* с очень слабым интеллектом!» Мы не знаем и не можем знать, что субъективно происходит в гусе, который проявляет все объективные симптомы человеческого горя. Но мы не можем удержаться от *чувства*, что его страдание сродни нашему!

Чисто объективно — все поведение, какое можно наблюдать у дикого гуся, лишенного уз триумфального крика, имеет наибольшее сходство с поведением животных, очень *привязанных к месту обитания*, когда их вырывают из привычного окружения и пересаживают в чужую обстановку. Здесь начинаются те же отчаянные поиски, и так же пропадает всякая боеготовность до тех пор, пока животное не найдет свои родные места. Для сведущего человека характеристика связи серого гуся с партнером по триумфальному крику будет наглядной и меткой, если сказать, что гусь относится к партнеру так же — со всех точек зрения, — как относится к центру своей территории чрезвычайно привязанное к своему участку животное, у которого эта привязанность тем сильнее, чем больше «степень его знакомства» с нею. В непосредственной близости к этому центру не только внутривидовая агрессия, но и многие другие автономные жизненные проявления соответствующего вида достигают наивысшей интенсивности. Моника Майер-Хольцапфель определила партнера по личной дружбе как «животное, эквивалентное дому», и тем самым ввела термин, который успешно избегает антропоморфной субъективизации поведения животных, но при этом во всей полноте охватывает значение чувств, вызываемых настоящим другом.

Поэты и психоаналитики давно уже знают, как близко соседствуют любовь и ненависть; знают, что и у нас, людей, объект любви почти всегда, «амбивалентно», бывает и объектом агрессии. Триумфальный крик у гусей — я подчеркиваю снова и снова — это лишь аналог, в самом лучшем случае лишь яркая, но упрощенная модель человеческой дружбы и любви; однако эта модель знаменательным образом показывает, как может возникнуть такая двойственность. Если даже — при нормальных условиях — во втором акте церемонии, в дружеском приветственном повороте друг к другу агрессия у серых гусей совершенно отсутствует, то в целом — особенно в первой части, сопровождаемой «раскатом», — ритуал содержит полную меру автохтонной агрессии, которая направлена, хотя и скрытно, против возлюбленного друга и партнера. Что это именно так — мы знаем не только из эволюционных соображе-

ний, приведенных в предыдущей главе, но и из наблюдения исключительных случаев, которые высвечивают взаимодействие первичной агрессии и ставших автономными мотиваций триумфального крика.

Наш самый старый белый гусь, Паульхен, на втором году жизни спаровался с гусыней своего вида, но в то же время сохранял узы триумфального крика с другим таким же гусаком, Шнееротом, который хотя и не был ему братом, но стал таковым в совместной жизни. У белых гусаков есть обыкновение — широко распространенное у настоящих и у нырковых уток, но очень редкое у гусей — насиловать чужих самок (особенно тогда, когда они находятся на гнезде, насиживая яйца). Так вот, когда на следующий год супруга Паульхена построила гнездо, отложила яйца и стала их насиживать, возникла ситуация, столь же интересная, сколь ужасная: Шнеерот насиловал самку постоянно и жесточайшим образом, а Паульхен ничего не мог против этого предпринять! Когда Шнеерот являлся на гнездо и хватал гусыню, Паульхен с величайшей яростью бросался на развратника, но затем, добежав до него, обходил его резким зигзагом и в конце нападал на какой-нибудь безобидный эрзац-объект, например на нашего фотографа, снимавшего эту сцену. Никогда прежде я не видел столь отчетливо эту власть переориентирования, закрепленного ритуализацией: Паульхен *хотел* напасть на Шнеерота, — тот, вне всяких сомнений, возбуждал его гнев, — но *не мог*, потому что накатанная дорога ритуализованного действия проносила его мимо предмета ярости так же жестко и надежно, как стрелка, установленная соответствующим образом, посылает локомотив на соседний путь.

Поведение этого белого гуся показывает совершенно однозначно, что даже стимулы, определенно вызывающие агрессию, приводят не к нападению, а к триумфальному крику, если исходят от партнера. У белых гусей вся церемония не разделяется на два акта так отчетливо, как у серых, у которых первый акт содержит больше агрессии и направляется наружу, а второй состоит почти исключительно в социально мотивированном обращении к партнеру. Белые гуси вероятно вообще сильнее заряжены агрессивностью, чем наши дружелюбные серые. Так же и их триумфальный крик, который в этом отношении примитивнее у белых гусей, чем у их серых родственников. Таким образом, в описанном ненормальном случае смогло возникнуть поведение, которое в механике побуждений полностью соответствовало исходному переориентированному нападению, нацеленному мимо партнера, какое мы уже видели у цихлид. Здесь хорошо применимо Фрейдово понятие *регрессии*.

Несколько иной процесс регрессии может внести определенные изменения и в триумфальный крик серых гусей, а именно — в его вторую, неагрессивную фазу; и в этих изменениях отчетливо проявляется изначальное участие агрессивного инстинкта. Это в высшей степени драматичное событие может произойти лишь в том случае, если два сильных гусака вступают в союз триумфального крика, как описано выше. Мы уже говорили, что даже самая боеспособная гусыня уступает в борьбе самому слабому гусаку, так что ни одна нормальная пара гусей не может выстоять против двух таких друзей, и потому они стоят в иерархии гусиной колонии очень высоко. С возрастом и с долгой привычкой к этому высокому рангу у них растет «самоуверенность», т.е. уверенность в победе, а вместе с тем и агрессивность. Одновременно интенсивность триумфального крика растет и вместе со степенью знакомства партнеров, т.е. продолжительностью их союза. При этих обстоятельствах вполне понятно, что церемония единства такой пары гусаков приобретает степень интенсивности, которая у разнополой пары не достигается никогда. Уже неоднократно упоминавшихся Макса и Копфшлица, которые «женаты» вот уже девять лет, я узнаю издали по сумасшедшей восторженности их триумфального крика.

Так вот, иногда бывает, что триумфальный крик таких гусаков выходит из всяких рамок, доходит до экстаза, — и тут происходит нечто весьма примечательное и жуткое. Крики становятся все громче, сдавленнее и быстрее, шеи вытягиваются все более горизонтально и тем самым теряют характерное для церемонии поднятое положение, а *угол, на который отклоняется переориентированное движение от направления на партнера, становится все меньше*. Иными словами, ритуализованная церемония при чрезмерном нарастании ее интенсивности *утрачивает* те двигательные признаки, которые отличают ее от неритуализованного прототипа. Таким образом происходит настоящая Фрейдова регрессия: церемония возвращается к эволюционно более раннему, первоначальному состоянию. Впервые такую «разритуализацию» обнаружил Й. Николаи на снегирях. Церемония приветствия у самочек этих птиц, как и триумфальный крик у гусей, возникла за счет ритуализации из исходных угрожающих жестов. Если усилить сексуальные побуждения самки снегиря долим одиночеством, а затем поместить ее вместе с самцом, то она преследует его жестами приветствия, которые принимают агрессивный характер тем отчетливее, чем сильнее напряжение полового инстинкта.

У пары гусаков возбуждение такой экстатической любви-ненависти может на любом уровне остановиться и вновь затихнуть; затем развивается хотя еще и крайне возбужденный, однако нормальный триумфальный крик, завершающийся тихим и нежным гоготаньем, даже если их жесты только что угрожающие приближались к проявлениям яростной агрессивности. Даже если видишь такое впервые, ничего не зная о только что описанных процессах, — наблюдая подобные проявления чрезмерно пылкой любви, испытываешь какое-то неприятное чувство. Невольно приходят на ум выражения типа «Так тебя люблю, что съел бы» — и вспоминается старая мудрость, которую так часто подчеркивал Фрейд, что именно обиходная речь обладает надежным и верным чутьем к глубочайшим психологическим взаимосвязям.

Однако в единичных случаях — за десять лет наблюдений у нас в протоколах всего три таких — разритуализация, дошедшая до наивысшего экстаза, *не* поворачивает вспять; и тогда происходит событие, непоправимое и влекущее чрезвычайно тяжелые последствия для дальнейшей жизни участников: угрожающие и боевые позы обоих гусаков приобретают все более чистую форму, возбуждение доходит до точки кипения, — и прежние друзья внезапно хватают друг друга «за воротник» и ороговелым сгибом крыла обрушивают град ударов, грохот которых разносится по округе. Такую смертельно серьезную схватку слышно буквально за километр. Обычная драка двух гусаков, которая разгорается из-за соперничества по поводу самки или места под гнездо, редко длится больше нескольких секунд, а больше минуты — никогда. В одной из трех схваток между бывшими партнерами по триумфальному крику мы запротоколировали продолжительность боя в четверть часа, после чего бросились к ним встревоженные шумом сражения. Ужасающая, ожесточенная ярость таких схваток лишь в малой степени объясняется, пожалуй, тем обстоятельством, что противники слишком хорошо знакомы и потому испытывают друг перед другом меньше страха, чем перед чужаком. Чрезвычайная ожесточенность супружеских ссор тоже черпается не только из этого источника. Мне кажется, что, скорее, в каждой настоящей любви спрятан такой заряд латентной агрессии, замаскированной узами партнеров, что при разрыве этих уз возникает тот отвратительный феномен, который мы называем ненавистью. Нет любви без агрессии, но нет и ненависти без любви!

Победитель никогда не преследует побежденного, и мы ни разу не видели, чтобы между ними возникла вторая схватка. Наоборот, в дальнейшем эти гусаки намеренно избегают друг друга; если гуси большим стадом пасутся на болотистом лугу за оградой, они всегда находятся в диаметрально противоположных точках. Если они случайно — когда не заметят друг друга вовремя — или в нашем эксперименте оказываются рядом, то демонстрируют, пожалуй, самое достопримечательное поведение, какое мне приходилось видеть у животных; трудно решиться описать его, рискуя попасть под подозрение в необузданной фантазии. Гусаки — *смущаются*! В подлинном смысле этого слова! Они не в состоянии друг друга видеть, друг на друга посмотреть; у каждого взгляд беспокойно блуждает вокруг, колдовски притягивается к объекту его любви и ненависти — и отскакивает, как отдергивается палец от раскаленного металла. А в добавление к тому оба беспрерывно через что-то перепрыгивают, оправляют оперение, трясут клювом нечто несуществующее и т.д. Просто уйти они тоже не в состоянии, ибо все, что может выглядеть бегством, запрещено древним заветом: «сохранять лицо» любой ценой. Поневоле становится жалко их обоих; чувствуется, что ситуация чрезвычайно болезненная. Исследователь, занятый проблемами внутривидовой агрессии, много бы дал за возможность посредством точного количественного анализа мотиваций установить пропорциональные соотношения, в которых первичная агрессия и автономное, обособившееся побуждение к триумфальному крику взаимодействуют друг с другом в различных частных случаях такой церемонии. По-видимому, мы постепенно приближаемся к решению этой задачи, но рассмотрение соответствующих исследований здесь увело бы нас слишком далеко.

Вместо того мы хотели бы еще раз окинуть взглядом все то, что узнали из данной главы об агрессии и о своеобразных механизмах торможения, которые не только исключают какую бы то ни было борьбу между совершенно определенными индивидами, постоянно связанными друг с другом, но и создают между ними особого рода союз. С примером такого союза мы подробнее познакомились на триумфальном крике гусей. Затем мы хотим исследовать отношения между союзом такого рода и другими механизмами социальной совместной жизни, которые я описал в предыдущих главах. Когда я сейчас перечитываю ради этого соответствующие главы, меня охватывает чувство бессилия: я сознаю, что мне не удалось воздать должное величию и важности эволюционных процессов, о которых — мне кажется — я знаю, как они происходили, и которые я решился описать. Надо полагать, более или менее одаренный речью ученый, который всю свою жизнь занимался какой-то

материей, должен бы быть в состоянии изложить результаты трудов своих таким образом, чтобы передать слушателю или читателю не только то, что он *знает*, но и то, что он при этом *чувствует*. Мне остается лишь надеяться, что чувство, которое я не сумел выразить в словах, повеет на читателя из краткого изложения фактов, когда я воспользуюсь здесь подобающим мне средством краткого научного резюме.

Как мы знаем из 8-й главы, существуют животные, которые полностью лишены внутривидовой агрессии и всю жизнь держатся в прочно связанных стаях. Можно было бы думать , что этим созданиям предначертано развитие постоянной дружбы и братского единения отдельных особей; но как раз у таких мирных стадных животных ничего подобного не бывает никогда, их объединение всегда совершенно анонимно. Личные узы, персональную дружбу мы находим *только* у животных с высокоразвитой внутривидовой агрессией, причем эти узы тем прочнее, чем агрессивнее соответствующий вид. Едва ли есть рыбы агрессивнее цихлид и птицы агрессивнее гусей. Общеизвестно, что волк — самое агрессивное животное из всех млекопитающих («bestia senza pase» у Данте); он же — самый верный из всех друзей. Если животное в зависимости от времени года попеременно становится то территориальным и агрессивным, то неагрессивным и общительным, — любая возможная для него персональная связь ограничена периодом агрессивности.

Персональные узы возникли в ходе великого становления, вне всяких сомнений, в тот момент, когда у агрессивных животных появилась необходимость в совместной деятельности двух или более особей ради какой-то задачи сохранения вида; вероятно, главным образом ради заботы о потомстве. Несомненно, что личные узы и любовь во многих случаях возникли из внутривидовой агрессии, в известных случаях это происходило путем ритуализации переориентированного нападения или угрозы. Поскольку возникшие таким образом ритуалы *связаны лично с партнером*, и поскольку в дальнейшем, превратившись в самостоятельные инстинктивные действия, они становятся *потребностью*, — они превращают в насущную потребность и постоянное присутствие партнера, а его самого — в «животное, эквивалентное дому».

Внутривидовая агрессия на миллионы лет *старше* личной дружбы и любви. За время долгих эпох в истории Земли наверняка появлялись животные, исключительно свирепые и агрессивные. Почти все рептилии, каких мы знаем сегодня, именно таковы, и трудно предположить, что в древности это было иначе. Однако личные

узы мы знаем только у костистых рыб, у птиц и у млекопитающих, т.е. у групп, ни одна из которых не известна до позднего мезозоя. Так что внутривидовой агрессии без ее контр-партнера, без любви, бывает сколько угодно; но *любви без агрессии не бывает*.

Ненависть, уродливую младшую сестру любви, необходимо четко отделять от внутривидовой агрессии. В отличие от обычной агрессии она бывает направлена *на индивида*, в точности как и любовь, и по-видимому любовь является предпосылкой ее появления: по-настоящему ненавидеть можно, наверно, лишь то, что когда-то любил, и все еще любишь, хоть и отрицаешь это.

Пожалуй, излишне указывать на аналогии между описанным выше социальным поведением некоторых животных — прежде всего диких гусей — и человека. Все прописные истины наших пословиц кажутся в той же мере подходящими и для этих птиц. Будучи эволюционистами и дарвинистами с колыбели, мы можем и должны извлечь из этого важные выводы. Прежде всего мы знаем, что самыми последними общими предками птиц и млекопитающих были примитивные рептилии позднего девона и начала каменноугольного периода, которые наверняка не обладали высокоразвитой общественной жизнью и вряд ли были умнее лягушек. Отсюда следует, что подобия социального поведения у серых гусей и у человека не могут быть унаследованы от общих предков; они не «гомологичны», а возникли — это не подлежит сомнению — за счет так называемого конвергентного приспособления. И так же несомненно, что их существование не случайно; вероятность — точнее, невероятность — такого совпадения можно вычислить, но она выразилась бы астрономическим числом нулей.

Если в высшей степени сложные нормы поведения — как, например, влюбленность, дружба, иерархические устремления, ревность, скорбь и т.д. и т.д. — у серых гусей и у человека не только похожи, но и просто-таки совершенно одинаковы до забавных мелочей — это говорит нам наверняка, что каждый такой инстинкт выполняет какую-то совершенно определенную роль в сохранении вида, и притом такую, которая у гусей и у людей почти или совершенно одинакова. Поведенческие совпадения могут возникнуть только так.

Как подлинные естествоиспытатели, не верящие в «безошибочные инстинкты» и прочие чудеса, мы считаем самоочевидным, что каждый такой поведенческий акт является функцией соответ-

ствующей специальной телесной структуры, состоящей из нервной системы, органов чувств и т. д.; иными словами — функцией структуры, возникшей в организме под давлением отбора. Если мы — с помощью какой-нибудь электронной или просто мысленной модели — попытаемся представить себе, какую *сложность* должен иметь физиологический аппарат такого рода, чтобы произвести хотя бы, к примеру, социальное поведение триумфального крика, то с изумлением обнаружим, что такие изумительные органы, как глаз или ухо, кажутся чем-то совсем простеньким в сравнении с этим аппаратом.

Чем сложнее и специализированнее два органа, аналогично устроенных и выполняющих одну и ту же функцию, тем больше у нас оснований объединить их общим, функционально определенным понятием — и обозначить одним и тем же названием, хотя их эволюционное происхождение совершенно различно. Если, скажем, каракатицы или головоногие, с одной стороны, и позвоночные, с другой, независимо друг от друга изобрели глаза, которые построены по одному и тому принципу линзовой камеры и в обоих случаях состоят из одних и тех же конструктивных элементов — линза, диафрагма, стекловидное тело и сетчатка, — то нет никаких разумных доводов против того, чтобы оба органа — у каракатиц и у позвоночных — называть глазами, *безо всяких кавычек*. С таким же правом мы можем это себе позволить и в отношении элементов социального поведения высших животных, которое как минимум по многим признакам аналогично поведению человека.

Высокомерным умникам сказанное в этой главе должно послужить серьезным предупреждением. У животного, даже не принадлежащего к привилегированному классу млекопитающих, исследование обнаруживает механизм поведения, который соединяет определенных индивидов на всю жизнь и превращается в сильнейший мотив, определяющий все поступки, который пересиливает все «животные» инстинкты — голод, сексуальность, агрессию и страх — и создает общественные отношения в формах, характерных для данного вида. Такой союз по всем пунктам аналогичен тем отношениям, какие у нас, у людей, складываются на основе любви и дружбы в их самом чистом и благородном проявлении.

<...>

13. СЕ ЧЕЛОВЕК

Я на то, с ноги снимая
свой сапог, ему ответил:
«Это, Демон, страшный символ
человека: вот нога из
грубой кожи; то, что больше
не природа, но и в дух не
превратилось; нечто меж звериной
лапой и сандалией Гермеса».
Христиан Моргенштерн

Предположим, что некий беспристрастный этолог сидит на какой-то другой планете, скажем на Марсе, и наблюдает социальное поведение людей с помощью зрительной трубы, увеличение которой слишком мало, чтобы можно было узнавать отдельных людей и прослеживать их индивидуальное поведение, но вполне достаточно, чтобы наблюдать такие крупные события, как переселение народов, битвы и т.п. Ему никогда не пришло бы в голову, что человеческое поведение направляется разумом или, тем более, ответственной моралью.

Если предположить, что наш внеземной наблюдатель — это чисто интеллектуальное существо, которое само лишено каких-либо инстинктов и ничего не знает о том, как функционируют инстинкты вообще и агрессия в частности, и каким образом их функции могут нарушаться, ему было бы очень нелегко понять историю человечества. Постоянно повторяющиеся события этой истории нельзя объяснить, исходя из человеческого разума. Сказать, что они обусловлены тем, что обычно называют «человеческой натурой», — это пустые слова. Разумная, но нелогичная человеческая натура заставляет две нации состязаться и бороться друг с другом, даже когда их не вынуждает к этому никакая экономическая причина; она подталкивает к ожесточенной борьбе две политические партии или религии, несмотря на поразительное сходство их программ всеобщего благополучия; она заставляет какого-нибудь Александра или Наполеона жертвовать миллионами своих подданных ради попытки объединить под своим скипетром весь мир. Примечательно, что в школе мы учимся относиться к людям, совершавшим все эти дикости, с уважением; даже почитать их как великих мужей. Мы приучены покоряться так называемой политической мудрости государственных руководителей — и настолько привыкли ко всем та-

ким явлениям, что большинство из нас не может понять, насколько глупо, насколько вредно для человека историческое поведение народов.

Но если осознать это, невозможно уйти от вопроса: как же получается, что предположительно разумные существа могут вести себя столь неразумно? Совершенно очевидно, что здесь должны действовать какие-то подавляющие сильные факторы, способные полностью вырывать управление у человеческого разума и, кроме того, совершенно не способные учиться на опыте. Как сказал Гегель, уроки истории учат нас, что народы и правительства ничему не учатся у истории и не извлекают из нее никаких уроков.

Все эти поразительные противоречия находят естественное объяснение и полностью поддаются классификации, если заставить себя осознать, 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 достаточно хорошо узнали, изучая поведение животных.

Предположим теперь, что наш наблюдатель-инопланетянин — это опытный этолог, досконально знающий все, что кратко изложено в предыдущих главах. Тогда он должен сделать неизбежный вывод, что с человеческим обществом дело обстоит почти так же, как с обществом крыс, которые так же социальны и миролюбивы внутри замкнутого клана, но сущие дьяволы по отношению к сородичу, не принадлежащему к их собственной партии. Если бы наш наблюдатель на Марсе узнал еще и о демографическом взрыве, о том, что оружие становится все ужаснее, а человечество разделилось на несколько политических лагерей, — он оценил бы наше будущее не более оптимистично, чем будущее нескольких враждебных крысиных стай на почти опустошенном корабле. Притом этот прогноз был бы еще слишком хорош, так как о крысах можно предсказать, что после Великого Истребления их останется достаточно, чтобы сохранить вид; в отношении людей, если будет использована водородная бомба, это весьма проблематично.

В символе Древа Познания заключена глубокая истина. Знание, выросшее из абстрактного мышления, изгнало человека из рая, в котором он, бездумно следуя своим инстинктам, мог делать все, что ему хотелось. Происходящее из этого мышления вопрошающее экспериментирование с окружающим миром подарило человеку его первые орудия: огонь и камень, зажатый в руке. И он сразу же употребил их для того, чтобы убивать и жарить своих собратьев. Это доказывают находки на стоянках синантропа: возле

самых первых следов использования огня лежат раздробленные и отчетливо обожженные человеческие кости. Абстрактное мышление дало человеку господство над всем вневидовым окружением и тем самым спустило с цепи внутривидовой отбор; а мы уже знаем, к чему это обычно приводит. В «послужной список» такого отбора нужно, наверно, занести и ту гипертрофированную агрессивность, от которой мы страдаем и сегодня. Дав человеку словесный язык, абстрактное мышление одарило его возможностью передачи надиндивидуального опыта, возможностью культурного развития; но это повлекло за собой настолько резкие изменения в условиях его жизни, что приспособительная способность его инстинктов потерпела крах.

Можно подумать, что каждый дар, достающийся человеку от его мышления, в принципе должен быть оплачен какой-то опасной бедой, которая неизбежно идет следом. На наше счастье, это не так, потому что из абстрактного мышления вырастает и та разумная *ответственность* человека, на которой только и основана надежда управиться с постоянно растущими опасностями.

Чтобы придать какую-то обозримость моему представлению о современном биологическом состоянии человечества, я хочу рассмотреть отдельные угрожающие ему опасности в той же последовательности, в какой они перечислены выше, а затем перейти к обсуждению ответственной морали, ее функций и пределов ее действенности.

В главе о моралеподобном поведении мы уже слышали о тех тормозящих механизмах, которые сдерживают агрессию у различных общественных животных и предотвращают ранение или смерть сородича. Как там сказано, естественно, что эти механизмы наиболее важны и потому наиболее развиты у тех животных, которые в состоянии легко убить существо примерно своего размера. Ворон может выбить другому глаз одним ударом клюва, волк может одним-единственным укусом вспороть другому яремную вену. Если бы надежные запреты не предотвращали этого — давно не стало бы ни воронов, ни волков. Голубь, заяц и даже шимпанзе не в состоянии убить себе подобного одним-единственным ударом или укусом. К тому же добавляется способность к бегству, развитая у таких не слишком вооруженных существ настолько, что позволяет им уходить даже от «профессиональных» хищников, которые в преследовании и в убийстве более сильны, чем любой, даже самый быстрый и сильный сородич. Поэтому на свободной охотничьей тропе обычно не бывает, чтобы такое животное могло серьезно повредить себе подобного; и соответственно нет селекционного дав-

ления, которое бы вырабатывало запреты убийства. Если тот, кто держит животных, к своей беде и к беде своих питомцев, не принимает всерьез внутривидовую борьбу совершенно «безобидных тварей» — он убеждается, что таких запретов действительно не существует. В неестественных условиях неволи, где побежденный не может спастись бегством, постоянно происходит одно и то же: победитель старательно добивает его — медленно и ужасно. В моей книге «Кольцо царя Соломона» в главе «Мораль и оружие» описано, как горлица — символ всего самого мирного, — не имеющая этих запретов, может замучить до смерти своего собрата.

Легко себе представить, что произошло бы, если бы игра природы одарила какого-нибудь голубя вороньим клювом. Положение такого выродка, наверно, было бы совершенно аналогично положению человека, который только что обнаружил возможность использовать острый камень в качестве оружия. Поневоле содрогнешься при мысли о существе, возбудимом, как шимпанзе, с такими же внезапными вспышками ярости — и с камнем, зажатым в руке.

Общераспространенное мнение, которого придерживаются даже многие специалисты в этой области, сводится к тому, что все человеческое поведение, служащее интересам не индивида, а общества, диктуется осознанной ответственностью. Такое мнение ошибочно; что мы и покажем на конкретных примерах в этой главе. Наш общий с шимпанзе предок наверняка был по меньшей мере так же предан своему другу, как дикий гусь или галка, а уж тем более волк или павиан; несомненно, что он с таким же презрением к смерти был готов отдать свою жизнь, вставая на защиту своего сообщества, так же нежно и бережно относился к молодым сородичам и обладал такими же запретами убийства, как и все эти животные. На наше счастье, мы тоже в полной мере унаследовали соответствующие «животные» инстинкты.

Антропологи, которые занимались образом жизни австралопитека и африканского человека, заявляют, что эти предки — поскольку они жили охотой на крупную дичь — передали человечеству опасное наследство «природы хищника». В этом утверждении заключено опасное смешение двух понятий — хищного животного и каннибала, — в то время как эти понятия почти полностью исключают друг друга; каннибализм представляет у хищников крайне редкое исключение. В действительности можно лишь пожалеть о том, что человек как раз *не имеет* «натуры хищника». Большая часть опасностей, которые ему угрожают, происходит от того, что по натуре он сравнительно безобидное всеядное существо; у него

нет естественного оружия, принадлежащего его телу, которым он мог бы убить крупное животное. Именно потому у него нет и тех механизмов безопасности, возникших в процессе эволюции, которые удерживают всех «профессиональных» хищников от применения оружия против сородичей. Правда, львы и волки иногда убивают чужих сородичей, вторгшихся на территорию их группы; может случиться даже, что во внезапном приступе ярости неосторожным укусом или ударом лапы убьют члена собственной группы, как это иногда происходит, по крайней мере в неволе. Однако подобные исключения не должны заслонять тот важный факт, что все тяжеловооруженные хищники такого рода должны обладать высокоразвитыми механизмами торможения, которые — как уже сказано в главе о моралеподобном поведении — препятствуют самоуничтожению вида.

В предыстории человека никакие особенно высокоразвитые механизмы для предотвращения внезапного убийства не были нужны: такое убийство было попросту невозможно. Нападающий, убивая свою жертву, мог только царапать, кусать или душить; причем жертва имела более чем достаточную возможность апеллировать к тормозам агрессивности нападающего — жестами покорности и испуганным криком. Понятно, что на слабо вооруженных животных не действовало селекционное давление, которое могло бы вызывать к жизни те сильные и надежные запреты применять оружие, какие попросту необходимы для выживания видов, обладающих оружием опасным. Когда же изобретение искусственного оружия открыло новые возможности убийства, — прежнее равновесие между сравнительно слабыми запретами агрессии и такими же слабыми возможностями убийства оказалось в корне нарушено.

Человечество уничтожило бы себя уже с помощью самых первых своих великих открытий, если бы не одно замечательное совпадение: возможность открытий, изобретений и великий дар ответственности в равной степени являются плодами одной и той же сугубо человеческой способности, способности задавать вопросы. Человек не погиб в результате своих собственных открытий — по крайней мере до сих пор — только потому, что он способен поставить перед собой вопрос о последствиях своих поступков — и ответить на него. Этот уникальный дар не принес человечеству гарантий против самоуничтожений. Хотя со времени открытия камня выросли и моральная ответственность, и вытекающие из нее запреты убийства, но, к сожалению, в равной мере возросла и легкость убийства, а главное — утонченная техника убийства привела к тому, что последствия деяния уже не тревожат того, кто его со-

вершил. Расстояние, на котором действует все огнестрельное оружие, спасает убийцу от раздражающей ситуации, которая в другом случае оказалась бы в чувствительной близости от него, во всей ужасной отвратительности последствий. Эмоциональные глубины нашей души попросту не принимают к сведению, что сгибание указательного пальца при выстреле разворачивает внутренности другого человека. Ни один психически нормальный человек не пошел бы даже на охоту, если бы ему приходилось убивать дичь зубами и ногтями. Лишь за счет отгораживания наших чувств становится возможным, чтобы человек, который едва ли решился бы дать вполне заслуженный шлепок хамоватому ребенку, вполне способен нажать пусковую кнопку ракетного оружия или открыть бомбовые люки, обрекая сотни самых прекрасных детей на ужасную смерть в огне. Бомбовые ковры расстилали добрые, хорошие, порядочные отцы — факт ужасающий, сегодня почти неправдоподобный! Демагоги обладают, очевидно, очень хорошим, хотя и только практическим знанием инстинктивного поведения людей — они целенаправленно, как важное орудие, используют отгораживание подстрекаемой партии от раздражающих ситуаций, тормозящих агрессивность.

С изобретением оружия связано господство внутривидового отбора и все его жуткие проявления. В третьей главе, где речь шла о видосохраняющей функции агрессии, и в десятой — об организации сообщества крыс — я достаточно подробно разъяснил, как конкуренция сородичей, если она действует без связи с вневидовым окружением, может повести к своим странным и нецелесообразным уродствам. Мой учитель Хейнрот для иллюстрации такого вредного воздействия приводил в пример крылья аргус-фазана и темп работы в западной цивилизации. Как уже упоминалось, я считаю, что и гипертрофия человеческого агрессивного инстинкта — это следствие той же причины.

В 1955 году я писал в небольшой статье «Об убийстве сородича»: «Я думаю — специалистам по человеческой психологии, особенно глубинной, и психоаналитикам следовало бы это проверить, — что сегодняшний цивилизованный человек вообще страдает от недостаточной разрядки инстинктивных агрессивных побуждений. Более чем вероятно, что пагубные проявления человеческого агрессивного инстинкта, для объяснения которых Зигмунд Фрейд предположил особый инстинкт смерти, основаны просто-напросто на том, что внутривидовый отбор в далекой древности снабдил человека определенной мерой агрессивности, для которой он не находит адекватного выхода при современной организации общества». Если в этих словах чувствуется легкий упрек, сейчас я должен решительно взять его назад. К тому времени, когда я это писал, уже были психоаналитики, совершенно не верившие в инстинкт смерти и объяснявшие самоуничтожительные проявления агрессии как нарушения инстинкта, который в принципе должен поддерживать жизнь. Я даже познакомился с человеком, который уже в то время — в полном соответствии с только что изложенной постановкой вопроса — изучал проблему гипертрофированной агрессивности, обусловленной внутривидовым отбором.

Сидней Марголин, психиатр и психоаналитик из Денвера, штат Колорадо, провел очень точное психоаналитическое и социально-психологическое исследование на индейцах прерий, в частности из племени юта, и показал, что эти люди тяжко страдают от избытка агрессивных побуждений, которые им некуда деть в условиях урегулированной жизни сегодняшней индейской резервации в Северной Америке. По мнению Марголина, в течение сравнительно немногих столетий — во время которых индейцы прерий вели дикую жизнь, состоявшую почти исключительно из войн и грабежей, — чрезвычайно сильное селекционное давление должно было заметно усилить их агрессивность. Вполне возможно, что значительные изменения наследственной картины были достигнуты за такой короткий срок; при жестком отборе породы домашних животных меняются так же быстро. Кроме того, в пользу предположения Марголина говорит то, что индейцы-юта, выросшие при другом воспитании, страдают так же, как и старшие соплеменники, — а также и то, что патологические проявления, о которых идет речь, известны только у индейцев из прерий, племена которых были подвержены упомянутому процессу отбора.

Индейцы-юта страдают неврозами чаще, чем какие-либо другие группы людей; и Марголин обнаружил, что общей причиной этого заболевания оказывается постоянно подавленная агрессивность. Многие индейцы чувствуют себя больными и говорят, что они больны, но на вопрос, в чем же состоит их болезнь, не могут дать никакого ответа, кроме одного: «Но ведь я — юта!» Насилие и убийство по отношению к чужим — в порядке вещей; по отношению к соплеменникам, напротив, оно крайне редко, поскольку запрещено табу, безжалостную суровость которого так же легко понять из предыдущей истории юта: племя, находившееся в состоянии беспрерывной войны с белыми и с соседними племенами, должно было любой ценой пресекать ссоры между своими членами. Убивший соплеменника был обязан, согласно традиции, покончить с собой. Эта заповедь оказалась в силе даже для юта-поли-

цейского, который, пытаясь арестовать соплеменника, застрелил его при вынужденной обороне. Тот, напившись, ударил своего отца ножом и попал в бедренную артерию, что вызывало смерть от потери крови. Когда полицейский получил приказ арестовать убийцу, — хотя о предумышленном убийстве не было и речи, — он обратился к своему бледнолицему начальнику с рапортом. Аргументировал он так: преступник хочет умереть, он обязан совершить самоубийство и теперь наверняка совершит его таким образом, что станет сопротивляться аресту и вынудит его, полицейского, его застрелить. Но тогда и самому полицейскому придется покончить с собой. Поскольку более чем недальновидный сержант настаивал на своем распоряжении — трагедия развивалась, как и было предсказано. Этот и другие протоколы Марголина читаются, как древнегреческие трагедии, в которых неотвратимая судьба вынуждает людей быть виновными и добровольно искупать невольно совершенные грехи.

Объективно и убедительно, даже доказательно говорит за правильность марголинской интерпретации такого поведения юта их предрасположенность к несчастным случаям. Доказано, что «предрасположенность к авариям» является следствием подавленной агрессии; у индейцев-юта норма автомобильных аварий чудовищно превышает норму любой другой группы автомобилистов. Кому приходилось когда-нибудь вести скоростную машину, будучи в состоянии ярости, тот знает — если только он был при этом способен к самонаблюдению, — насколько сильно проявляется в такой ситуации склонность к самоуничтожающим действиям. По-видимому, и выражение «инстинкт смерти» произошло от таких особых случаев.

Разумеется, внутривидовой отбор и сегодня действует в нежелательном направлении, но обсуждение всех этих явлений увело бы нас слишком далеко от темы агрессии. Отбор так же интенсивно поощряет инстинктивную подоплеку накопительства, тщеславия и проч., как подавляет простую порядочность. Нынешняя коммерческая конкуренция грозит вызвать по меньшей мере такую же ужасную гипертрофию упомянутых побуждений, какую у внутривидовой агрессии вызвало военное состязание людей каменного века. Счастье лишь в том, что выигрыш богатства и власти не ведет к многочисленности потомства, иначе положение человечества было бы еще хуже.

Кроме действия оружия и внутривидового отбора, головокружительно растущий *темп развития* — это третий источник бед, который человечество должно принимать в расчет, пользуясь великим даром своего абстрактного мышления. Из абстрактного мышления и всех его результатов — прежде всего из символики словесной речи — у людей выросла способность, которой не дано ни одному другому существу. Когда биолог говорит о наследовании приобретенных признаков, то он имеет в виду лишь приобретенное изменение наследственности, генома. Он совершенно не задумывается о том, что «наследование» имело — уже за много веков до Грегора Менделя — юридический смысл, и что это слово поначалу применялось к биологическим явлениям по чистой аналогии. Сегодня это второе значение слова стало для нас настолько привычным, что меня бы наверно не поняли, если бы я просто написал: «Только человек обладает способностью передавать по наследству приобретенные качества». Я здесь имею в виду следующее: если человек, скажем, изобрел лук и стрелы — или украл их у более развитого соседа, — то в дальнейшем не только его потомство, но и все его сообщество *имеет в распоряжении* это оружие так же постоянно, как если бы оно было телесным органом, возникшим в результате мутации и отбора. Использование этого оружия забудется не легче, чем станет рудиментарным какой-нибудь столь же жизненно важный орган.

Даже если один-единственный индивид приобретает какую-то важную для сохранения вида особенность или способность, она тотчас же становится общим достоянием всей популяции; именно это и обусловливает упомянутое тысячекратное ускорение исторического процесса, который появился в мире вместе с абстрактным мышлением. Процессы приспосабливания, до сих пор поглощавшие целые геологические эпохи, теперь могут произойти за время нескольких поколений. На эволюцию, на филогенез — протекающий медленно, почти незаметно в сравнении с новыми процессами, — отныне накладывается история; над филогенетическим возникшим сокровищем наследственности возвышается громадное здание исторически приобретенной и традиционно передаваемой культуры.

Как применение оружия и орудий труда — и выросшее из него мировое господство человека, — так и третий, прекраснейший дар абстрактного мышления влечет за собой свои опасности. Все культурные достижения человека имеют одно большое «но»: они касаются только тех его качеств и действий, которые подвержены влиянию индивидуальной модификации, влиянию обучения. Очень многие из врожденных поведенческих актов, свойственных нашему виду, *не таковы*: скорость их изменения в процессе изменения вида осталась такой же, с какой изменяются все телесные призна-

ки, с какой шел весь процесс становления до того, как на сцене появилось абстрактное мышление.

Что могло произойти, когда человек впервые взял в руку камень? Вполне вероятно, нечто подобное тому, что можно наблюдать у детей в возрасте двух-трех лет, а иногда и старше: никакой инстинктивный или моральный запрет не удерживает их от того, чтобы изо всей силы бить друг друга по голове тяжелыми предметами, которые они едва могут поднять. Вероятно, первооткрыватель камня так же мало колебался, стукнуть ли своего товарища, который его только что разозлил. Ведь он не мог знать об ужасном действии своего изобретения; врожденный запрет убийства тогда, как и теперь, был настроен на его естественное вооружение. Смутился ли он, когда его собрат по племени упал перед ним мертвым? Мы можем предположить это почти наверняка. Общественные высшие животные часто реагируют на внезапную смерть сородича самым драматическим образом. Серые гуси стоят над мертвым другом с шипением, в наивысшей готовности к обороне. Это описывает Хейнрот, который однажды застрелил гуся в присутствии его семьи. Я видел то же самое, когда египетский гусь ударил в голову молодого серого; тот, шатаясь, добежал до родителей и тотчас умер от мозгового кровоизлияния. Родители не могли видеть удара и потому реагировали на падение и смерть своего ребенка точно так же. Мюнхенский слон Вастл, который без какого-либо агрессивного умысла, играя, тяжело ранил своего служителя, — пришел в величайшее волнение и встал над раненым, защищая его, чем, к сожалению, помешал оказать ему своевременную помощь. Бернхард Гржимек рассказывал мне, что самец шимпанзе, который укусил и серьезно поранил его, пытался стянуть пальцами края раны, когда у него прошла вспышка ярости.

Вполне вероятно, что первый Каин тотчас же понял ужасность своего поступка. Довольно скоро должны были пойти разговоры, что если убивать слишком много членов своего племени— это поведет к нежелательному ослаблению его боевого потенциала. Какой бы ни была воспитательная кара, предотвращавшая беспрепятственное применение нового оружия, во всяком случае, возникла какая-то, пусть примитивная, форма ответственности, которая уже тогда защищала человечество от самоуничтожения.

Таким образом, первая функция, которую выполняла ответственная мораль в истории человечества, состояла в том, чтобы восстановить утраченное равновесие между вооруженностью и врожденным запретом убийства. Во всех прочих отношениях требования разумной ответственности могли быть у первых людей еще совсем простыми и легко выполнимыми.

Рассуждение не будет слишком натянутым, если мы предположим, что первые настоящие люди, каких мы знаем из доисторических эпох — скажем, кроманьонцы, — обладали почти в точности такими же инстинктами, такими же естественными наклонностями, что и мы; что в организации своих сообществ и в столкновениях между ними они вели себя почти так же, как некоторые еще и сегодня живущие племена, например папуасы центральной Новой Гвинеи. У них каждое из крошечных селений находится в постоянном состоянии войны с соседями, в отношениях взаимной умеренной охоты за головами. «Умеренность», как ее определяет Маргарэт Мид, состоит в том, что не предпринимаются организованные разбойничьи походы с целью добычи вожделенных человеческих голов, а лишь при оказии, случайно встретив на границе своей области какую-нибудь старуху или пару детей, «зовут с собой» их головы.

Ну а теперь — предполагая наши допущения верными — представим себе, что мужчина живет в таком сообществе с десятком своих лучших друзей, с их женами и детьми. Все мужчины неизбежно должны стать побратимами; они — *друзья* в самом настоящем смысле слова, каждый не раз спасал другому жизнь. И хотя между ними возможно какое-то соперничество из-за главенства, из-за девушек и т.д., — как бывает, скажем, у мальчишек в школе, — оно неизбежно отходит на задний план перед постоянной необходимостью вместе защищаться от враждебных соседей. А сражаться с ними за само существование своего сообщества приходилось так часто, что все побуждения внутривидовой агрессии насыщались с избытком. Я думаю, что при таких обстоятельствах в этом содружестве из пятнадцати мужчин, любой из нас уже *по естественной склонности* соблюдал бы десять заповедей Моисея по отношению к своему товарищу и не стал бы ни убивать его, ни клеветать на него, ни красть жену его или что бы там ни было, ему принадлежащее. Безо всяких сомнений, каждый по естественной склонности стал бы чтить не только отца своего и мать, но и вообще всех старых и мудрых, что и происходит, по Фрезер Дарлинг, уже у оленей, и уж тем более у приматов, как явствует из наблюдений Уошбэрна, Дэворэ и Кортландта.

Иными словами, естественные наклонности человека не так уж и дурны. От рождения человек вовсе не так уж плох, он только *недостаточно хорош* для требований жизни современного общества.

Уже само увеличение количества индивидов, принадлежащих к одному и тому же сообществу, должно иметь два результата, которые нарушают равновесие между важнейшими инстинктами взаимного притяжения и отталкивания, т.е. между личными узами и внутривидовой агрессией. Во-первых, для личных уз вредно, когда их становится слишком много. Старинная мудрая пословица гласит, что по-настоящему хороших друзей у человека много быть не может. Большой «выбор знакомых», который неизбежно появляется в каждом более крупном сообществе, уменьшает прочность каждой отдельной связи. Во-вторых, скученность множества индивидов на малом пространстве приводит к притуплению всех социальных реакций. Каждому жителю современного большого города, перекормленному всевозможными социальными связями и обязанностями, знакомо тревожащее открытие, что уже не испытываешь той радости, как ожидал, от посещения друга, даже если действительно любишь его и давно его не видел. Замечаешь в себе и отчетливую наклонность к ворчливому недовольству, когда после ужина еще звонит телефон. Возрастающая готовность к агрессивному поведению является характерным следствием скученности; социологи-экспериментаторы это давно уже знают.

К этим нежелательным последствиям увеличения нашего сообщества добавляются и невозможность разрядить весь объем агрессивных побуждений, «предусмотренный» для вида. Мир — это первейшая обязанность горожанина, а враждебная соседняя деревня, которая когда-то предлагала объект для высвобождения внутривидовой агрессии, ушла в далекое прошлое.

Чем больше развивается цивилизация, тем более благоприятны все предпосылки для нормальных проявлений нашей естественной склонности к социальному поведению, а требования к нему постоянно возрастают: мы должны обращаться с нашим «ближним» как с лучшим другом, хотя, быть может, в жизни его не видели; более того, с помощью своего разума мы можем прекрасно сознавать, что обязаны любить даже врагов наших, — естественные наклонности никогда бы нас до этого не довели... Все проповеди аскетизма, предостерегающие от того, чтобы отпускать узду инстинктивных побуждений, учение о первородном грехе, утверждающее, что человек от рождения порочен, — все это имеет общее рациональное зерно: понимание того, что человек не смеет слепо следовать своим врожденным наклонностям, я должен учиться властвовать над ними и ответственно контролировать их проявления.

Можно ожидать, что цивилизация будет развиваться все более ускоренным темпом — хотелось бы надеяться, что культура не будет от нее отставать, — и в той же мере будет возрастать и становиться все тяжелее бремя, возложенное на ответственную мораль. Расхождение между тем, что человек готов сделать для общества, и тем, чего общество от него требует, будет расти; и ответственности будет все труднее сохранять мост через эту пропасть. Эта мысль очень тревожит, потому что при всем желании не видно каких-либо селективных преимуществ, которые хоть один человек сегодня мог бы извлечь из обостренного чувства ответственности или из добрых естественных наклонностей. Скорее следует серьезно опасаться, что нынешняя коммерческая организация общества своим дьявольским влиянием соперничества между людьми направляет отбор в прямо противоположную сторону. Так что задача ответственности постоянно усложняется и с этой стороны.

Мы не облегчим ответственной морали решение всех этих проблем, переоценивая ее силу. Гораздо полезнее скромно осознать, что она — «всего лишь» *компенсационный механизм*, который приспосабливает наше инстинктивное наследие к требованиям культурной жизни и *образует с ним функционально единую систему*. Такая точка зрения разъясняет многое из того, что непонятно при ином подходе.

Мы все *страдаем* от необходимости подавлять свои побуждения; одни больше, другие меньше — по причине очень разной врожденной склонности к социальному поведению. По доброму, старому психиатрическому определению, *психопат* — это человек, который либо страдает от требований, предъявляемых ему обществом, либо заставляет страдать само общество. Так что, в определенном смысле, *все* мы психопаты, поскольку навязанное общим благом отречение от собственных побуждений заставляет страдать каждого из нас. Но особенно это определение относится к тем людям, которые в результате ломаются и становятся либо невротиками, т.е. больными, либо преступниками. В соответствии с этим точным определением, «нормальный» человек отличается от психопата — или добрый гражданин от преступника — вовсе не так резко, как здоровый от больного. Различие, скорее, аналогичное тому, какое существует между человеком с компенсированной сердечной недостаточностью и больным, страдающим «некомпенсированным пороком», сердце которого при возрастающей мышечной нагрузке уже не в состоянии справиться с недостаточным закрыванием клапана или с его сужением. Это сравнение оправдывается и тем, что компенсация *требует* затрат *энергии*.

Такая точка зрения на ответственную мораль может разрешить противоречие в Кантовой концепции морали, которое поразило

уже Фридриха Шиллера. Он говорил, что Гердер — это «одухотвореннейший из всех кантианцев»; восставал против отрицания какой-либо ценности естественных наклонностей в этике Канта и издевался над ней в замечательной эпиграмме: «Я с радостью служу другу, но, к несчастью, делаю это по склонности, потому меня часто гложет мысль, что я не добродетелен!»

Однако мы не только *служим* своему другу по собственной склонности, мы еще и *оцениваем* его дружеские поступки с точки зрения того, в самом ли деле теплая естественная склонность побудила его к такому поведению! Если бы мы были до конца последовательными кантианцами, то должны были бы поступать наоборот — и ценить, прежде всего, такого человека, который по натуре совершенно нас не переносит, но которого «ответственный вопрос к себе», *вопреки* его сердечной склонности, заставляет вести себя прилично по отношению к нам. Однако в действительности мы относимся к таким благодетелям в лучшем случае с весьма прохладным вниманием, а *любим* только того, кто относится к нам по-дружески потому, что это доставляет ему радость, и если делает что-то для нас, то не считает, будто совершил нечто, достойное благодарности.

Когда мой незабвенный учитель Фердинанд Хохштеттер в возрасте 71 года читал свою прощальную лекцию, тогдашний ректор Венского университета сердечно благодарил его за долгую и плодотворную работу. На эту благодарность Хохштеттер дал ответ, в котором сконцентрирован весь парадокс ценности — или ее отсутствия — естественных наклонностей. Он сказал так: «Вы здесь благодарите меня за то, за что я не заслуживаю ни малейшей благодарности. Надо благодарить моих родителей, моих предков, которые дали мне в наследство именно такие, а не другие наклонности. Но если вы спросите меня, чем я занимался всю жизнь и в науке, и в преподавании, то я должен честно ответить: я, собственно, всегда делал то, что доставляло мне наибольшее удовольствие!»

Какое замечательное возражение! Этот великий натуралист, который — я это знаю совершенно точно — никогда не читал Канта, принимает здесь именно его точку зрения по поводу ценностной индифферентности естественных наклонностей; но в то же время примером своей ценнейшей жизни и работы приводит Кантово учение о ценностях к еще более полному абсурду, нежели Шиллер в своей эпиграмме. И выходом из этого противоречия становится очень простое решение кажущейся проблемы, если признать ответственную мораль компенсационным механизмом и не отрицать ценности естественных наклонностей.

Если приходится оценивать *поступки* какого-то человека, в том числе и собственные, то — очевидно — они оцениваются тем выше, чем меньше соответствовали простым и естественным наклонностям. Однако если нужно оценить самого *человека* — например, при выборе друзей, — с той же очевидностью предпочтение отдается тому, чье дружеское расположение определяется вовсе не разумными соображениями — как бы высокоморальны они ни были, — а исключительно чувством теплой естественной склонности. Когда мы подобным образом используем для оценки человеческих поступков и самих людей совершенно разные критерии — это не только не парадокс, но проявление простого здравого смысла.

Кто ведет себя социально уже по естественной склонности, тому в обычных обстоятельствах почти не нужны механизмы компенсации, а в случае нужды он обладает мощными моральными резервами. Кто уже в повседневных условиях вынужден тратить все сдерживающие силы своей моральной ответственности, чтобы держаться на уровне требований культурного общества, — тот, естественно, гораздо раньше ломается при возрастании нагрузки. Энергетическая сторона нашего сравнения с пороком сердца и здесь подходит очень точно, поскольку возрастание нагрузки, при которой социальное поведение людей становится «некомпенсированным», может быть самой различной природы, но так или иначе «истощает силы». Мораль легче всего отказывает не под влиянием одиночного, резкого и чрезмерного испытания; легче всего это происходит под воздействием истощающего, долговременного нервного перенапряжения, какого бы рода оно ни было. Заботы, нужда, голод, страх, переутомление, крушение надежд и т.д. — все это действует одинаково. Кто имел возможность наблюдать множество людей в условиях такого рода — на войне или в заключении, — тот знает, насколько непредвиденно и внезапно наступает моральная декомпенсация. Люди, на которых, казалось, можно положиться как на каменную гору, неожиданно ломаются, а в других, не вызывающих особого доверия, открываются просто-таки неисчерпаемые источники сил, и они одним лишь своим примером помогают бесчисленному множеству остальных сохранить моральную стойкость. Однако пережившие нечто подобное знают и то, что сила доброй воли и ее устойчивость — две независимые переменные. Осознав это, основательно учишься не чувствовать себя выше того, кто сломался раньше, чем ты сам. Наилучший и благороднейший в конце концов доходит до такой точки, что больше не может: «Эли, Эли, ламма асахфани?»[1]

[1] «Господи, Господи, зачем оставил меня?» — последние слова Христа: арамейская вставка в греческом и прочих текстах Евангелия.

В соответствии с этикой Канта, только внутренний закон человеческого разума сам по себе порождает категорический императив в качестве ответа на «ответственный вопрос к себе». Кантовы понятия «разум, рассудок» и «ум, интеллект» отнюдь не идентичны. Для него само собой разумеется, что разумное создание просто не может хотеть причинить вред другому, подобному себе. В самом слове «рас-судок» этимологически заключена способность «судить», «входить в соглашение», иными словами — существование высоко ценимых социальных связей между всеми разумными существами. Для Канта совершенно ясно и самоочевидно то, что для этолога нуждается в разъяснении: тот факт, что человеке не хочет вредить другому. Великий философ предполагает здесь очевидным нечто, требующее объяснения, и это — хотя и вносит некоторую непоследовательность в великий ход его мыслей — делает его учение более приемлемым для биолога. Тут появляется небольшая лазейка, через которую в изумительное здание его умозаключений — чисто рациональных — может пробраться чувство; иными словами — инстинктивная мотивация. Кант и сам не верил, что человек удерживается от каких-либо действий, к которым его побуждают естественные склонности, чисто разумным пониманием логического противоречия в нормах его поступков. Совершенно очевидно, что необходим еще и эмоциональный фактор, чтобы преобразовать некое чисто рассудочное осознание в императив или в запрет. Если мы уберем из нашего жизненного опыта эмоциональное чувство ценности — скажем, ценности различных ступеней эволюции, — если для нас не будут представлять никакой ценности человек, человеческая жизнь и человечество в целом, то самый безукоризненный аппарат нашего интеллекта останется мертвой машиной без мотора. Сам по себе он в состоянии лишь дать нам средство к достижению каким-либо образом поставленной цели; но не может ни определить эту цель, ни отдать приказ к ее достижению. Если бы мы были нигилистами типа Мефистофеля и считали бы, что «нет в мире вещи, стоящей пощады», — мы могли бы нажать пусковую кнопку водородной бомбы, и это никак бы не противоречило нормам нашего разумного поведения.

Только ощущение ценности, только чувство присваивает знак «плюс» или «минус» ответу на наш «категорический самовопрос» и превращает его в императив или в запрет. Так что и тот, и другой вытекает *не* из рассудка, а из прорывов той тьмы, в которую наше сознание не проникает. В этих слоях, лишь косвенно доступных человеческому разуму, унаследованное и усвоенное образует в высшей степени сложную структуру, которая не только состоит в теснейшем родстве с такой же структурой высших животных, но в значительной своей части попросту ей идентична. По существу, наша отлична от той лишь постольку, поскольку у человека в усвоенное входит культурная традиция. Из структуры этих взаимодействий, протекающих почти исключительно в подсознании, вырастают побуждения ко всем нашим поступкам, в том числе и к тем, которые сильнейшим образом подчинены управлению нашего самовопрошающего разума. Так возникают любовь и дружба, все теплые чувства, понятие красоты, стремление к художественному творчеству и к научному познанию. Человек, избавленный от всего так сказать «животного», лишенный подсознательных стремлений, человек как чисто разумное существо *был бы отнюдь не ангелом, скорее наоборот*!

Однако нетрудно понять, каким образом могло утвердиться мнение, будто все хорошее — и только хорошее, — что служит человеческому сообществу, обязано своим существованием морали, а все «эгоистичные» мотивы человеческого поведения, которые не согласуются с социальными требованиями, вырастают из «животных» инстинктов. Если человек задаст себе категорический вопрос Канта: «Могу ли я норму своего поведения возвысить до уровня естественного закона или при этом возникло бы нечто, противоречащее разуму?» — то все поведение, в том числе и инстинктивное, окажется в высшей степени разумным; при условии, что оно выполняет задачи сохранения вида, ради которых было создано Великими Конструкторами эволюции. *Противоразумное возникает лишь в случае нарушения какого-либо инстинкта.* Отыскать это нарушение — задача категорического вопроса, а компенсировать — категорического императива. Если инстинкты действуют правильно, «по замыслу конструкторов», вопрос к себе не сможет отличить их от Разумного. В этом случае вопрос: «Могу ли я возвысить норму моих поступков до уровня естественного закона?» — имеет бесспорно положительный ответ, ибо эта норма уже сама является таким законом!

Ребенок падает в воду, мужчина прыгает за ним, вытаскивает его, исследует норму своего поступка и находит, что она — будучи возвышена до естественного закона — звучала бы примерно так: «Когда взрослый самец Homo sapiens видит, что жизни детеныша его вида угрожает опасность, от которой он может его спасти, — он это делает». Находится такая абстракция в каком-либо противоречии с разумом? Конечно же, нет! Спаситель может похлопать

себя по плечу и гордиться тем, как разумно и морально он себя вел. Если бы он на самом деле занялся этими рассуждениями, ребенок давно бы уже утонул, прежде чем он прыгнул бы в воду. Однако человек — по крайней мере принадлежащий нашей западной культуре — крайне неохотно узнает, что действовал он чисто инстинктивно, что каждый павиан в аналогичной ситуации сделал бы то же самое.

Древняя китайская мудрость гласит, что не все люди есть в зверях, но все звери есть в людях. Однако из этого вовсе не следует, что этот «зверь в человеке» с самого начала являет собой нечто злое и опасное, по возможности подлежащее искоренению. Существует одна человеческая реакция, в которой лучше всего проявляется, насколько необходимо может быть безусловно «животное» поведение, унаследованное от антропоидных предков, причем именно для поступков, которые не только считаются сугубо человеческими и высокоморальными, но и на самом деле являются таковыми. Эта реакция — так называемое *воодушевление*. Уже само название, которое создал для нее немецкий язык, подчеркивает, что человеком овладевает нечто очень высокое, сугубо человеческое, а именно — дух. Греческое слово «энтузиазм» означает даже, что человеком владеет бог. Однако в действительности воодушевленным человеком овладевает наш давний друг и недавний враг — внутривидовая агрессия в форме древней и едва ли сколь-нибудь сублимированной реакции социальной защиты.

В соответствии с этим, воодушевление пробуждается с предсказуемостью рефлекса во всех внешних ситуациях, требующих вступления в борьбу за какие-то социальные ценности, особенно за такие, которые освящены культурной традицией. Они могут быть представлены конкретно — семья, нация, Alma Mater или спортивная команда — либо абстрактными понятиями, как прежнее величие студенческих корпораций, неподкупность художественного творчества или профессиональная этика индуктивного исследования. Я одним духом называю подряд разные вещи — которые кажутся ценными мне самому или, непонятно почему, видятся такими другим людям — со специальным умыслом показать недостаток избирательности, который при случае позволяет воодушевлению стать столь опасным.

В раздражающих ситуациях, которые наилучшим образом вызывают воодушевление и целенаправленно создаются демагогами, прежде всего должна присутствовать угроза высоко почитаемым ценностям. Враг, или его муляж, могут быть выбраны почти произвольно, и — подобно угрожаемым ценностям — могут быть конкретными или абстрактными. «Эти» евреи, боши, гунны, эксплуататоры, тираны и т.д. годятся так же, как мировой капитализм, большевизм, фашизм, империализм и многие другие «измы». Во-вторых, к раздражающей ситуации такого рода относится и по возможности увлекающая за собой фигура вождя, без которой, как известно, не могут обойтись даже самые антифашистски настроенные демагоги, ибо вообще одни и те же методы самых разных политических течений обращены к инстинктивной природе человеческой реакции воодушевления, которую можно использовать в своих целях. Третьим, и почти самым важным фактором воодушевления является еще и по возможности наибольшее количество увлеченных. Закономерности воодушевления в этом пункте совершенно идентичны закономерностям образования анонимных стай, описанным в 8-й главе: увлекающее действие стаи растет, по-видимому, в геометрической прогрессии при увеличении количества индивидов в ней.

Каждый сколь-нибудь чувствительный человек знает, какие субъективные ощущения сопровождают эту реакцию. Прежде всего она характеризуется качеством чувства, известного под именем воодушевления. По спине и — как выясняется при более внимательном наблюдении — по наружной поверхности рук пробегает «священный трепет». Человек чувствует себя вышедшим из всех связей повседневного мира и поднявшимся над ними; он готов все бросить, чтобы повиноваться зову Священного Долга. Все препятствия, стоящие на пути к выполнению этого долга, теряют всякую важность; инстинктивные запреты калечить и убивать сородичей утрачивают, к сожалению, большую часть своей силы. Разумные соображения, любая критика или встречные доводы, говорящие против действий, диктуемых воодушевлением, заглушаются за счет того, что замечательная переоценка всех ценностей заставляет их казаться не только не основательными, но и просто ничтожными и позорными. Короче, как это прекрасно выражено в украинской пословице: «Колы прапор в'эться, про голову нэйдэться»[1].

С этими переживаниями коррелируются объективно наблюдаемые явления: повышается тонус всех поперечно-полосатых мышц, осанка становится более напряженной, руки несколько приподнимаются в стороны и слегка поворачиваются внутрь, так что локти

[1] «Wenn die Fahne flieg, ist der Verstand in der Trompete!» (нем.). Мы дали приблизительный вариант украинской пословицы и будем признательны читателям, которые помогут уточнить текст этой поговорки.

выдвигаются наружу. Голова гордо поднята, подбородок выдвинут вперед, а лицевая мускулатура создает совершенно определенную мимику, всем нам известную из кинофильмов, — «героическое лицо». На спине и по наружной поверхности рук топорщатся кожные волосы — именно это и является объективной стороной пресловутого «священного трепета».

В священности этого трепета и в одухотворенности воодушевления усомнится тот, кто видел соответствующие поведенческие акты самца шимпанзе, который с беспримерным мужеством выходит защищать свое стадо или семью. Он тоже выдвигает вперед подбородок, напрягает все тело и поднимает локти в стороны; у него тоже шерсть встает дыбом, что приводит к резкому и наверняка устрашающему увеличению контура его тела при взгляде спереди. Поворот внутрь совершенно очевидно предназначен для того, чтобы вывести наружу наиболее заросшую сторону и тем усилить упомянутый эффект. Общая комбинация осанки и вздыбленной шерсти служит тому же «блефу», что и у горбящейся кошки: она выполняет задачу изобразить животное более крупным и опасным, чем на самом деле. Так что и наш «священный трепет» — это не что иное, как попытка взъерошить остатки некогда бывшего меха.

Что переживает обезьяна при своей социальной защитной реакции, этого мы не знаем; однако вполне вероятно, что она так же самоотверженно и героически ставит на карту свою жизнь, как и воодушевленный человек. Нет сомнений в подлинной эволюционной гомологии реакций защиты стада у шимпанзе — и воодушевления у человека; более того, можно очень хорошо представить себе, как одно произошло из другого. Ведь и у нас те ценности, на защиту которых мы поднимаемся с воодушевлением, имеют прежде всего общественную значимость. Если мы припомним сказанное в главе «Привычка, церемония и волшебство», покажется почти невероятным, что реакция, которая первоначально служила защите индивидуально знакомого, конкретного члена сообщества, все больше и больше брала под свою защиту над-индивидуальные, передаваемые традицией культурные ценности, имеющие более долгую жизнь, нежели группы отдельных людей.

Если наше мужественное выступление за то, что нам кажется высочайшей ценностью, протекает по тем же нервным путям, что и социальные защиты реакции наших антропоидных предков, — я воспринимаю это не как отрезвляющее напоминание, а как чрезвычайно серьезный призыв к самопознанию. Человек, у которого такой реакции нет, — это калека в смысле инстинктов, и я не хотел бы иметь его своим другом; но тот, кого увлекает слепая рефлекторность этой реакции, представляет собой угрозу для человечества: он легкая добыча тех демагогов, которые умеют провоцировать раздражающие ситуации, вызывающие человеческую агрессивность, так же хорошо, как мы — разбираться в физиологии поведения наших подопытных животных. Когда при звуках старой песни или какого-нибудь марша по мне хочет пробежать священный трепет, — я обороняюсь от искушения и говорю себе, что шимпанзе тоже производят ритмичный шум, готовясь к совместному нападению. Подпевать — значит класть палец в рот дьяволу.

Воодушевление — это настоящий автономный инстинкт человека, как, скажем, инстинкт триумфального крика у серых гусей. Оно обладает своим собственным поисковым поведением, своими собственными вызывающими стимулами, и доставляет — как каждый знает по собственному опыту — настолько сильное удовлетворение, что противиться его заманчивому действию почти невозможно. Как триумфальный крик очень существенно влияет на социальную структуру серых гусей, даже господствует в ней, так и инстинкт воодушевленного боевого порыва в значительной степени определяет общественную и политическую структуру человечества. Оно не потому агрессивно и постоянно готово к борьбе, что разделено на партии, враждебно противостоящие друг другу; оно структурировано именно таким образом потому, что это предоставляет раздражающую ситуацию, необходимую для разрядки социальной агрессии. «Если бы какое-то вероучение на самом деле охватило весь мир, — пишет Эрих фон Хольст, — оно бы тотчас же раскололось по меньшей мере на два резко враждебных толкования (одно истинное, другое еретическое), и вражда и борьба процветали бы, как и раньше; ибо человечество, к сожалению, таково, каково оно есть».

Таков Двуликий Янус — человек. Единственное существо, способное с воодушевлением посвящать себя высшим целям, нуждается для этого в психофизиологической организации, звериные особенности которой несут в себе опасность, что оно будет убивать своих собратьев в убеждении, будто так надо для достижения тех самых высших целей. Се — человек!

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О НООСФЕРЕ[1]

1. Мы приближаемся к решающему моменту во второй мировой войне. Она возобновилась в Европе после 21-годового перерыва, в 1939 г., и длится в Западной Европе пять лет, а у нас, в Восточной Европе, три года. На Дальнем Востоке она возобновилась раньше — в 1931 г. — и длится уже 13 лет.

В истории человечества и в биосфере вообще война такой мощности, длительности и силы — *небывалое явление*. К тому же ей предшествовала тесно с ней связанная причинно, но значительно менее мощная первая мировая война с 1914 по 1918 г.

В нашей стране эта первая мировая война привела к новой — исторически небывалой — *форме государственности* не только в области экономической, но и в области национальных стремлений.

С точки зрения натуралиста (а думаю и историка) можно и должно рассматривать исторические явления такой мощности как единый большой земной *геологический*, а не только *исторический* процесс.

Первая мировая война 1914–1918 гг. лично в моей научной работе отразилась самым решающим образом. Она изменила в корне мое *геологическое миропонимание*.

В атмосфере этой войны я подошел в геологии к новому для меня и для других и тогда забытому пониманию природы — к геохимическому и к биохимическому, охватывающему и косную и живую природу с одной и той же точки зрения [1].

2. Я провел годы первой мировой войны в непрерывной научно-творческой работе; неуклонно продолжаю ее в том же направлении и до сих пор.

28 лет назад, в 1915 г., в Российской академии наук в Петрограде была образована академическая «Комиссия по изучению производительных сил» нашей страны, так называемый КЕПС (председателем которой я был), сыгравшая заметную роль в критическое время первой мировой войны. Ибо для Академии наук совершенно неожиданно в разгаре войны выяснилось, что в царской России не было точных данных о так называемом теперь стратегическом сырье, и нам пришлось быстро сводить воедино рассеянные данные и быстро покрывать недочеты нашего знания.

[1] *Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере // Русский космизм. — М., 1993. — С. 303–311.

Подходя геохимически и биогеохимически к изучению геологических явлений, мы охватываем всю окружающую нас природу в одном и том же атомном аспекте. Это как раз — бессознательно для меня — совпало с тем, что, как оказалось теперь, характеризует науку XX в. и отличает ее от прошлых веков. XX век есть век научного атомизма.

Все эти годы, где бы я ни был, я был охвачен мыслью о геохимических и биогеохимических проявлениях в окружающей меня природе (в биосфере). Наблюдая ее, я в то же время направил интенсивно и систематически в эту сторону и свое чтение, и свое размышление.

Получаемые мною результаты я излагал постепенно, как они складывались, в виде лекций и докладов в тех городах, где мне пришлось в то время жить: в Ялте, в Полтаве, в Киеве, в Симферополе, в Новороссийске, в Ростове и других.

Кроме того, всюду — почти во всех городах, где мне пришлось жить, — я читал все, что можно было в этом аспекте, в широком его понимании, достать.

Стоя на эмпирической почве, я оставил в стороне, сколько был в состоянии, всякие философские искания и старался опираться только на точно установленные научные и эмпирические факты и обобщения, изредка допуская рабочие научные гипотезы. Это надо иметь в виду в дальнейшем.

В связи со всем этим в явления жизни я ввел вместо понятия «жизнь» понятие «живого вещества», сейчас, мне кажется, прочно утвердившееся в науке. «Живое вещество» есть совокупность живых организмов. Это не что иное, как научное, эмпирическое обобщение всем известных и легко и точно наблюдаемых бесчисленных, эмпирически бесспорных фактов.

Понятие «жизнь» всегда выходит за пределы понятия «живое вещество» в области философии, фольклора, религии, художественного творчества. Это все отпало в «живом веществе».

3. В гуще, в интенсивности и в сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с био-

сферой — с определенной частью планеты, на которой они живут. Они геологически закономерно связаны с ее материально-энергетической структурой.

В общежитии обычно говорят о человеке как о свободно живущем и передвигающемся на нашей планете индивидууме, который свободно строит свою историю. До сих пор историки, вообще ученые гуманитарных наук, а в известной мере и биологи, сознательно не считаются с законами природы биосферы — той земной оболочки, где может только существовать жизнь. Стихийно человек от нее неотделим.

И эта неразрывность только теперь начинает перед нами точно выясняться.

В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны — прежде всего питанием и дыханием — с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут.

Замечательный петербургский академик, всю свою жизнь отдавший России, Каспар Вольф (1733–1794) в год Великой французской революции (1789) ярко выразил это в книге, напечатанной по-немецки в Петербурге «Об особенной и действенной силе, свойственной растительной и животной субстанциям» [2]. Он опирался на Ньютона, а не на Декарта, как огромное большинство биологов в его время.

4. Человечество как живое вещество неразрывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки Земли — и ее *биосферой*. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту.

Понятие «биосферы», т.е. «области жизни», введено было в биологию Ламарком (1744–1829) в Париже в начале XIX в., а в геологию Э.Зюссом (1831–1914) в Вене в конце того же века.

В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание. Она выявляется как *планетное* явление *космического* характера.

В биогеохимии нам приходится считаться с тем, что жизнь (живые организмы) реально существуют не только на одной нашей планете, не только в земной биосфере. Это установлено сейчас, мне кажется, без сомнений пока для всех так называемых земных планет, т.е. для Венеры, Земли и Марса.

5. В Биогеохимической лаборатории Академии наук в Москве, ныне переименованной в Лабораторию геохимических проблем, в сотрудничестве с академическим же Институтом микробиологии

(директор — член-кор. Академии наук Б.Л. Исаченко) мы поставили проблему о *космической жизни* еще в 1940 г. как текущую научную задачу. В связи с военными событиями эта работа была приостановлена и будет возобновлена при первой возможности.

В архивах науки, в том числе и нашей, мысль о жизни как о космическом явлении существовала уже давно. Столетие назад, в конце XVII в., голландский ученый Христиан Гюйгенс (1629–1695) в своей предсмертной работе, в книге «Космотеорос», вышедшей в свет уже после его смерти, научно выдвинул эту проблему. Книга эта была дважды, по инициативе Петра I, издана на русском языке под заглавием «Книга мирозрения» в первой четверти XVIII в. Гюйгенс в ней установил научное обобщение, что «жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи». Это обобщение я назвал недавно «принципом Гюйгенса».

Живое вещество по весу составляет ничтожную часть планеты. По-видимому, это наблюдается в течение всего геологического времени, т.е. геологически вечно.

Оно сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной, пленке на поверхности суши в тропосфере — в лесах и в полях — и проникает весь Океан. Количество его исчисляется долями, не превышающими десятых долей процента биосферы по весу, порядка, близкого к 0,25%. На суше оно идет не в сплошных скоплениях на глубину в среднем, вероятно, меньше 3 км. Вне биосферы его нет.

В ходе геологического времени оно закономерно изменяется морфологически. История живого вещества в ходе времени выражается в медленном изменении форм жизни, форм живых организмов, генетически между собой непрерывно связанных, от одного поколения к другому, без перерыва.

Веками эта мысль поднималась в научных исканиях; в 1859 г. она, наконец, получила прочное обоснование в великих достижениях Ч. Дарвина (1809–1882) и А. Уоллеса (1822–1913). Она вылилась в учение об эволюции видов — растений и животных, в том числе и человека.

Эволюционный процесс присущ только живому веществу. В косном веществе нашей планеты нет его проявлений. Те же самые минералы и горные породы образовывались в криптозойской эре [3], какие образуются и теперь. Исключением являются биокосные природные тела, всегда связанные так или иначе с живым веществом.

Изменение морфологического строения живого вещества, наблюдаемое в процессе эволюции, в ходе геологического времени,

неизбежно приводит к изменению его химического состава. Этот вопрос сейчас требует экспериментальной проверки. Проблема эта поставлена нами в план работы 1944 г. совместно с Палеонтологическим институтом Академии наук.

6. Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массами биосферы, то биогенные породы (т.е. созданные живым веществом) составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы.

Учитывая явления метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы.

Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер. В замечательной по многим мыслям книге Ламарка «Hydrogéologie» (1802) живое вещество, как я его понимаю, являлось создателем главных горных пород нашей планеты. Ж.Б. Ламарк де-Монне (1744–1829) до самой смерти не принимал открытий Лавуазье (1743–1794). Но другой крупнейший химик — Ж.Б. Дюма, его младший современник (1800–1884), много занимавшийся химией живого вещества, долго держался представлений о количественном значении живого вещества в строении горных пород биосферы.

7. Младшие современники Ч. Дарвина — Д.Д. Дана (1813–1895) и Д.Ле Конт (1823–1901) — два крупнейших североамериканских геолога (а Дана к тому же минералог и биолог) — выявили еще до 1859 г. эмпирическое обобщение, которое показывает, что эволюция живого вещества идет в определенном направлении.

Это явление было названо Дана *цефализацией*, а Ле Контом — *психозойской эрой*. Д.Д. Дана, подобно Дарвину, пришел к этой мысли, к этому пониманию живой природы во время своего кругосветного путешествия, которое он начал через два года после возвращения в Лондон Ч. Дарвина, т.е. в 1838 г., и которое продолжалось до 1842 г. [4].

Нельзя здесь не отметить, что экспедиция, во время которой Дана пришел к своим выводам о цефализации, о коралловых островах и т.д., фактически исторически тесно связана с исследованиями Тихого океана — океаническими путешествиями русских моряков, главным образом Крузенштерна (1770–1846).

Изданные на немецком языке, они заставили американца Джона Рейнольдса (адвоката) добиваться организации такой же американской первой морской научной экспедиции. Он начал добиваться этого в 1827 г., когда появилось описание экспедиции Крузенштерна на немецком языке. Только в 1838 г., через одиннадцать лет, благодаря его настойчивости эта экспедиция состоялась. Это была

экспедиция Уилькиса (Wilkes), окончательно доказавшая существование Антарктики.

8. Эмпирические представления о направленности эволюционного процесса — без попыток теоретически обосновать — идут глубже, в XVIII в. Уже Бюффон (1707–1788) говорил о царстве человека, в котором он живет, основываясь на геологическом значении человека.

Эволюционная идея была ему чужда. Она была чужда и Л. Агассицу (1807–1873), введшему в науку идею о ледниковом периоде. Агассиц жил уже в эпоху бурного расцвета геологии. Он считал, что геологически наступило царство человека, но из богословских представлений высказывался против эволюционной теории. Ле Конт указывает, что Дана, стоявший раньше на точке зрения, близкой к Агассицу, в последние годы жизни принял идею эволюции в ее тогда обычном, дарвиновском понимании. Разница между представлениями о психозойской эре Ле Конта и цефализацией Дана исчезла.

К сожалению, в нашей стране особенно, это крупное эмпирическое обобщение до сих пор остается вне кругозора биологов.

Правильность принципа Дана (психозойская эра Ле Конта), который оказался вне кругозора наших палеонтологов, может быть легко проверена теми, кто захочет это сделать, по любому современному курсу палеонтологии. Он охватывает не только все животное царство, но ярко проявляется и в отдельных типах животных.

Дана указал, что в ходе геологического времени, говоря современным языком, т.е. на протяжении двух миллиардов лет по крайней мере, а наверное много больше, наблюдается (скачками) усовершенствование — рост — центральной нервной системы (мозга) начиная от ракообразных, на которых эмпирически и установил свой принцип Дана, и от моллюсков (головоногих) и кончая человеком. Это явление и названо им цефализацией. Раз достигнутый уровень мозга (центральной нервной системы) в достигнутой эволюции не идет уже вспять, только вперед.

9. Исходя из геологической роли человека, А.П. Павлов (1854–1929) в последние годы своей жизни говорил об антропогенной эре, нами теперь переживаемой. Он не учитывал возможности тех разрушений духовных и материальных ценностей, которые мы сейчас переживаем вследствие варварского нашествия немцев и их союзников, через десять с небольшим лет после его смерти, но он правильно подчеркнул, что человек на наших глазах становится могучей геологической силой, все растущей.

Эта геологическая сила сложилась геологически длительно, для человека совершенно незаметно. С этим совпало изменение (материальное прежде всего) положения человека на нашей планете.

В XX в. впервые в истории Земли человек узнал и охватил всю биосферу, закончил географическую карту планеты Земли, расселился по всей ее поверхности. Человечество своей жизнью стало единым целым. Нет ни одного клочка Земли, где бы человек не мог прожить, если бы это было ему нужно. Наше пребывание в 1937–1938 гг. на плавучих льдах Северного полюса это ярко доказало. И одновременно с этим, благодаря мощной технике и успехам научного мышления, благодаря радио и телевидению, человек может мгновенно говорить в любой точке нашей планеты с кем угодно. Перелеты и перевозки достигли скорости нескольких сотен километров в час, и на этом они еще не остановились. Все это результат цефализации Дана (1856), роста человеческого мозга и направляемого им его труда.

В ярком образе экономист Л. Брентано иллюстрировал планетную значимость этого явления. Он подсчитал, что, если бы каждому человеку дать один квадратный метр и поставить всех людей рядом, они не заняли бы даже всей площади маленького Боденского озера на границе Баварии и Швейцарии. Остальная поверхность Земли осталась бы пустой от человека. Таким образом, все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом его трудом.

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

10. Геологический эволюционный процесс отвечает биологическому единству и равенству всех людей — Homo sapiens и его геологических предков Sinanthropus и др., потомство которых для белых, красных, желтых и черных рас — любым образом среди них всех — развивается безостановочно в бесчисленных поколениях. Это закон природы. Все расы между собой скрещиваются и дают плодовитое потомство [5].

В историческом состязании, например в войне такого масштаба, как нынешняя, в конце концов побеждает тот, кто этому закону следует. Нельзя безнаказанно идти против принципа единства всех людей как закона природы. Я употребляю здесь понятие «закон природы», как это теперь все больше входит в жизнь в области физико-химических наук как точно установленное эмпирическое обобщение.

Исторический процесс на наших глазах коренным образом меняется. Впервые в истории человечества интересы народных масс — всех и каждого — и свободной мысли личности определяют жизнь человечества, являются мерилом его представлений о справедливости. Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого.

Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть «ноосфера».

11. В 1922–1923 гг. на лекциях в Сорбонне в Париже я принял как основу биосферы биогеохимические явления. Часть этих лекций была напечатана в моей книге «Очерки геохимии» [6].

Приняв установленную мною биогеохимическую основу биосферы за исходное, французский математик и философ бергсонианец Е. Леруа в своих лекциях в Коллеж де Франс в Париже ввел в 1927 г. понятие *ноосферы* [7] как современной стадии, геологически переживаемой биосферой. Он подчеркивал при этом, что он пришел к такому представлению вместе со своим другом, крупнейшим геологом и палеонтологом Тейяром де Шарденом, работающим теперь в Китае.

12. Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение моей внучки уже приблизится к их расцвету.

Здесь перед нами встала новая загадка. Мысль не есть форма энергии. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешен. Его поставил впервые, сколько я знаю, американский ученый, родившийся во Львове, математик и биофизик Альфред Лотка [8]. Но решить его он не мог.

Как правильно сказал некогда Гёте (1749–1832), не только великий поэт, но и великий ученый, в науке мы можем знать только, *как* произошло что-нибудь, а *не почему* и *для чего*.

Эмпирические результаты такого «непонятного» процесса мы видим кругом нас на каждом шагу.

Минералогическая редкость — самородное железо — вырабатывается теперь в миллиардах тонн. Никогда не существовавший на нашей планете самородный алюминий производится теперь в лю-

бых количествах. То же самое имеет место по отношению к почти бесчисленному множеству вновь создаваемых на нашей планете искусственных химических соединений (биогенных культурных минералов). Масса таких искусственных минералов непрерывно возрастает. Все стратегическое сырье относится сюда.

Лик планеты — биосфера — химически резко меняются человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды.

В результате роста человеческой культуры в XX в. все более резко стали меняться (химически и биологически) прибрежные моря и части Океана.

Человек должен теперь принимать все больше и больше меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства. Сверх того, человеком создаются новые виды и расы животных и растений.

В будущем нам рисуются как возможные сказочные мечтания: человек стремится выйти из предела своей планеты в космическое пространство. И, вероятно, выйдет.

В настоящее время мы не можем не считаться с тем, что в переживаемой нами великой исторической трагедии мы пошли по правильному пути, который отвечает ноосфере.

Историк и государственный деятель теперь подходят к охвату явлений природы с этой точки зрения.

13. *Ноосфера* — последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней. Ход этого процесса только начинает нам выясняться из изучения ее геологического прошлого в некоторых своих аспектах.

Приведу несколько примеров. Пятьсот миллионов лет тому назад, в кембрийской геологической эре, впервые в биосфере появились богатые кальцием скелетные образования животных, а растений — больше двух миллиардов лет тому назад. Это кальциевая функция живого вещества, ныне мощно развитая, была одной из важнейших эволюционных стадий геологического изменения биосферы.

Не менее важное изменение биосферы произошло 70—110 млн лет тому назад, во время меловой системы и особенно третичной. В эту эпоху впервые создались в биосфере наши зеленые леса, всем нам родные и близкие. Это другая большая эволюционная стадия, аналогичная ноосфере. Вероятно, в этих лесах эволюционным путем появился человек около 15—20 млн лет тому назад.

Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее — в новый стихийный геологический процесс — в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны.

Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере.

Можно смотреть поэтому на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим.

Примечания В.И. Вернадского

1. Любопытно, что я столкнулся при этом с забытыми мыслями оригинального баварского химика Х. Шёнбейна (1799—1868) и его друга, гениального английского физика М. Фарадея (1791—1867). В начале 1840-х гг. Шёнбейн печатно доказывал, что в геологии должна быть создана новая область — геохимия, как он ее тогда же назвал.

2. К сожалению, до сих пор оставшиеся после К. Вольфа рукописи не изучены и не изданы. В 1927 г. Комиссией по истории знаний при Академии наук СССР эта задача была поставлена, но не мола быть доведена до конца.

3. Криптозойской эрой я называю, согласно современным американским геологам, например Карлу Шухерту, умершему в 1942 г. (Ch. Schuchert and S. Dunber. A textbook of geology. P. II. N.Y., 1941. P. 88), тот период, который назывался раньше азойской или археозойской эрой (т.е. безжизненной или древнежизненной). В криптозойской эре морфологическая сохранность остатков организма сходит почти на нет, и они отличаются от кембрия, но существование жизни здесь проявляется в виде органогенных пород, происхождение которых не вызывает ни малейших сомнений.

4. См.: D. Gilman. The life of J.D. Dana. N. Y., 1889. Глава об экспедиции написана в этой книге Ле Контом. Работы Ле Конта «Evolution», 1888 г., я не имел в руках. Он считал это главным своим трудом. О «психозойской эре» он указывает в своей книге «Elements of geology», 5-th, 1915, с. 293, 626. Его автобиография издана в 1903 г.: W. Armes (Ed.). Autobiography of Joseph Leconte. London, 1903.

5. Я и мои современники незаметно пережили резкое изменение в понимании окружающего нас мира. В молодости как мне, так и другим казалось — и мы в этом не сомневались, — что человек переживает только историческое время — в пределах немногих тысяч лет, в крайнем случае десятков тысяч лет.

Сейчас мы знаем, что человек сознательно переживал десятки миллионов лет. Он пережил сознательно ледниковый период Евразии и Север-

ной Америки, образование Восточных Гималаев и т.д. Деление на историческое и геологическое время для нас сейчас сглаживается.

6. В 1934 г. вышло последнее переработанное издание «Очерки геохимии». В 1926 г. появилось русское издание «Биосферы», в 1929 г. — ее французское издание. В 1940 г. вышли мои «Биогеохимические очерки», а с 1934 г. выходят в свет «Проблемы биогеохимии». Третий выпуск «Проблем биогеохимии» сдан в печать в этом году. «Очерки геохимии» переведены на немецкий и японский языки.

7. Слово «ноосфера» составлено из греческого *ноос* — «разум» и *сфера* в смысле оболочки Земли. Лекции Леруа вышли тогда же по-французски в виде книги: E. le Roy. L'exigence idéaliste et la fait d'evolution. Paris, 1927.

8. A. Lotka. Elements of physical biology. Baltimaurt, 1925. P. 406.

ПРИЛОЖЕНИЯ

КАЛЕНДАРЬ ОТКРЫТИЙ

1900 г. — немецкий физик Макс Планк ввел понятие кванта энергии и квантовую постоянную. Планк — основатель квантовой механики.

1903 г. — Иван Петрович Павлов на основе экспериментальных физиологических исследований разработал понятие условного рефлекса. Павлов доказал взаимообусловленность и единство психических и физиологических процессов в организме.

1905 г. — Альберт Эйнштейн опубликовал свою специальную теорию относительности и на основе квантовой гипотезы Планка ввел понятие кванта света (впоследствии названного фотоном).

1908 г. — Герман Минковский дал математическую формулировку теории относительности, введя понятие четырехмерного пространства-времени («четырёхмерного мира»).

1909 г. — открыта «поверхность Мохоровичича» — граница раздела между земной корой и мантией Земли.

1911 г. — создание Чарльзом Вильсоном «камеры Вильсона», позволившей наблюдать различные виды излучений, следы которых в газовой среде в комбинации с электрическими и магнитными полями становятся видимыми. При анализе этих «треков» удалось определить заряд и энергию составляющих их частиц;

Эрнест Резерфорд пропустил α-частицы через тонкую металлическую фольгу и наблюдал их рассеяние. Только предположив существование атомных ядер, занимающих в атоме всего 1/10000 часть его диаметра, Резерфорд смог объяснить рассеяние α-частиц в веществе. Открытие Резерфорда подтвердило гипотезу Дж.Томсона (1903г.) о существовании положительно заряженного ядра атома. Резерфорд создал планетарную модель атома, в дальнейшем количественно разработанную Нильсом Бором.

1912 г. — Томас Морган предложил теорию локализации генов в хромосомах. Его генная теория основывалась на ряде законов, дополняющих законы Менделя (гены в хромосомах сцеплены друг с другом, число возможных комбинаций между генами внутри хромосом зависит от их удаленности друг от друга, гены одной и той же хромосомы образуют связанную группу, а число этих групп не превышает числа хромосомных пар).

1913 г. — Нильс Бор, используя квантовую гипотезу Планка, разработал количественную модель атома водорода, создав, таким образом, первую квантовую теорию атома.

1915 г. — Нобелевская премия в области физики присуждена английским физикам отцу и сыну Брэггам за исследование структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей. Они экспериментально доказали периодичность атомной структуры кристаллов и тем самым заложили основы современной кристаллографии;

Немецкий геофизик Альфред Вегенер опубликовал книгу «Возникновение материков и океанов», в которой изложил свою тектоническую гипотезу дрейфа континентов и первоначального соединения Евразии, Африки и Америки.

1916 г. — А. Эйнштейн опубликовал книгу «Основы общей теории относительности».

1918 г.— норвежский физик и геофизик Вильгельм Бьёркнес объяснил возникновение циклонов из полярных фронтов и разработал методику составления метеорологических карт. Основоположник современной метеорологии.

1919 г. — Э. Резерфорд осуществил первую искусственную ядерную реакцию, облучая азот α-частицами (ядрами гелия). Он получил изотоп кислорода.

20-е годы — экспериментально подтверждено существование ионизированного слоя в атмосфере (ионосферы). Высота до 20 тыс. км. Кроме нейтральных частиц, ионосфера содержит заряженные электроны и ионы, возникающие под действием солнечного излучения.

1922 г. — советский геофизик и математик Александр Александрович Фридман предложил модель нестационарной расширяющейся Вселенной, основанную на релятивистской космологии. Опирающаяся на эту модель теория «Большого Взрыва» объясняет происхождение Вселенной и форм ее материи внезапным скачком.

1923 г. — советский физиолог Алексей Алексеевич Ухтомский создал учение о доминанте, возникновение которой определяет характер рефлекторной реакции нервной системы.

1924 г. — Луи де Бройль в докторской диссертации «Исследования по теории квантов» выступил с идеей о волновых свойствах материи («волны де Бройля»). Он считал, что каждую движущуюся частицу можно описать сопряжённой с ней волной. По мнению де Бройля, корпускулярно-волновой дуализм присущ всем без исключения видам материи — электронам, протонам и т.п. Так возникло представление о волнах материи;

Южноафриканский анатом Раймонд Дарт обнаружил в Южной Африке ископаемые останки приматов, которые были отнесены к австралопитекам. Их возраст 1 млн лет (в настоящее время возраст этих приматов определяется в 5 млн лет).

1925 г. — в Дейтоне (США) за преподавание теории Дарвина был осуждён учитель Дж. Скопс («обезьяний процесс»).

1926 г. — австрийский физик-теоретик Эрвин Шрёдингер разработал волновую механику, в основу которой положил частное дифференциальное уравнение — «уравнение Шрёдингера». Он показал эквивалентность своей волновой механики и квантовой механики в матричной форме, разработанной Вернером Гейзенбергом в квантовой теории (1925 г.);

в Ленинграде издан труд Владимира Ивановича Вернадского «Биосфера», представляющий собой обобщение геологических, биологических, химических и географических данных о строении поверхности Земли.

1927 г. — Вернер Гейзенберг сформулировал «принцип неопределенности», согласно которому нельзя одновременно совершенно точно определить импульс и положение элементарной частицы (произведение неопределенностей координаты и импульса ограничено некоторой минимальной величиной, равной постоянной Планка).

1928 г. — Поль Дирак теоретически предположил существование античастиц. В 1932 г. первая античастица — позитрон — была обнаружена в космических лучах.

1929 г. — публичные выступления представителей Венского кружка — учеников австрийского философа и физика Морица Шлика — Рудольфа Карнапа и других, понимавших философию как логический анализ языка науки. Они выдвинули программу построения единой науки, основанной на физике (физикализм);

американский астроном Эдвин Хаббл установил, что смещение линий в галактических спектрах в направлении к «красному» краю (так называемое красное смещение), являющееся одним из проявлений «эффекта Доплера», возрастает пропорционально расстоянию, на которое удалены объекты («закон Хаббла») и связано с разбеганием галактических образований;

английский фармаколог и физиолог Генри Дейл установил, что возникновение электрического импульса на конце нерва или синапса, соединяющего два нейрона, сопровождается выделением адреналина или ацетилхолина. Эти вещества стимулируют нервную клетку, передающую возбуждение дальше;

в Китае Тейяр де Шарден обнаружил синантропа — представителя древнейших ископаемых людей, близких к открытому ранее на о. Ява питекантропу. Синантропы использовали огонь 300 тыс. лет назад.

Конец 20-х годов — советский физик и физикохимик Николай Николаевич Семенов открыл новый вид химических реакций — разветвленные цепные реакции, в ходе которых образуются активные частицы — свободные радикалы, которые, взаимодействуя с исходным веществом, кроме продуктов реакции, вновь образуют радикалы.

30-е годы — австрийский зоолог Конрад Лоренц заложил основы новой области биологии — этологии (изучение инстинктивного поведения животных).

30—40-е годы — формирование синтетической теории эволюции, сочетающей идеи дарвинизма с современной генетикой.

1955 г. — шведский физиолог Рагнар Гранит выпустил книгу «Рецепторы и сенсорное восприятие», в которой сообщил о своих экспериментах, доказавших, что импульс от отдельных клеток-рецепторов передается нервным волокном в мозг электрохимическим путем.

1956 г. — американский астроном Вернер Баум, наблюдая скопления галактик на рекордном удалении в 550 мегапарсеков (1 мегапарсек — $10^6 \times 3{,}26$ световых лет), подтвердил, что Вселенная расширяется, причем увеличение скорости расширения, согласно его данным, составляет 55 км/с на 1 мегапарсек.

1957 г. — в г. Дубне вступил в действие крупнейший в мире ускоритель заряженных частиц — синхрофазотрон. С космодрома Байконур поднялся первый искусственный спутник Земли и спущено на воду первое в мире гражданское атомное судно — ледокол «Ленин».

1958 г. — по инициативе американского ученого Лайнуса Полинга более 10 тыс. ученых мира подписали обращение с призывом о прекращении опытов с ядерным оружием;

американские физики Чарльз Таунс и Артур Шавлов теоретически обосновали конструкцию и принцип работы лазера (сокращенно с английского: усиление света при помощи вынужденного излучения) — прибора для получения чрезвычайно интенсивных и узконаправленных пучков монохроматического светового излучения.

1960 г. — неудачная попытка американского астронома Фрэнка Дрейка принять радиосигналы предполагаемых разумных цивилизаций от звезд «тау» экваториального созвездия Кита.

1961 г. — первый полет человека в космос, продолжавшийся 1 час 48 минут.

1963 г. — американский астроном Мартен Шмидт открыл квазары (источники радиоизлучения, близкого к звездному);

английские геологи Ф. Вайн и Д. Метьюз опубликовали статью, заложившую основы тектоники литосферных плит.

1964 г. — английский антрополог и археолог Ричард Лики в ущелье Олдувай на севере Танзании обнаружил остатки стойбища и кости четырех обезьяноподобных людей, близких к австралопитеку и названных «человек умелый».

1965 г. — открыто космическое реликтовое радиоизлучение. Предполагается, что это излучение является следствием взрыва первоначальной очень компактной и раскаленной Метагалактики и доказывает, таким образом, справедливость «горячей модели Вселенной».

1966 г. — Нобелевская премия присуждена французским биологам Франсуа Жакобу, Андре Львову и Жаку Моно за открытие так называемых структурных генов, отвечающих за синтез ферментов.

1967 г. — американский физик Джеральд Фейнберг и независимо от него индийский физик Эннакал Сударшан выдвинули гипотезу о существовании тахионов — частиц со скоростью большей скорости света;

Нобелевская премия присуждена немецкому физикохимику Манфреду Эйгену и английским химикам Джорджу Портеру и Рональду Норришу

за исследование сверхбыстрых химических и биохимических реакций со средней скоростью 10^{-9} с;

южноафриканский хирург Кристиан Барнард в Кейптауне впервые осуществил операцию по пересадке сердца человеку;

английский астроном Энтони Хьюиш и работавшая под его руководством студентка Дж. Белл открыли в остатках сверхновых звезд пульсары (в данном случае речь шла о быстро вращающихся звездах).

1969 г. — первый человек вступил на поверхность Луны.

1974 г. — на Первой международной конференции по этическим проблемам молекулярной биологии и генетической инженерии провозглашен временный мораторий на все опыты с рекомбинацией генетического материала.

1975 г. — Нобелевская премия присуждена за сфероидальную модель атомного ядра.

1994 г. — сообщение об открытии в США шестого, последнего кварка.

По материалам книги: *Фолт Я., Нова Л.* «История естествознания в датах». — М., 1987.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Автокатализ — химическая реакция, в которой для синтеза определенного вещества требуется присутствие этого же вещества, которое, ускоряя химическую реакцию, играет роль катализатора.

Аминокислоты — мономеры в белках.

Античастица — имеет заряд противоположный частице (позитрон, антипротон и т.д.).

Белая дыра — результат антиколлапсионного взрыва черной дыры, когда вследствие сверхсжатия начинается ядерная реакция в ее недрах.

Белки — полимеры, состоящие их нескольких сотен аминокислот. Основной строительный материал живого.

Биоэтика — междисциплинарное научное направление, рассматривающее отношение к живой природе в свете нравственных ценностей и этические проблемы, встающие на современном этапе развития естествознания.

Вакуум — низшее энергетическое состояние поля, при котором число квантов равно нулю.

Виртуальная частица — элементарная частица в промежуточных (ненаблюдаемых) состояниях, существованием которой в квантовой механике объясняют взаимодействия и превращения частиц.

Ген — отрезок молекулы ДНК, содержащий информацию о структуре одного белка и ответственный за его синтез. Одна молекула ДНК содержит несколько сотен генов.

Генотип — генетический код организма.

Гоминиды — семейство, охватывающее ископаемые и современные виды человека.

Гормоны — (от греч. побуждаю) — вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции и стимулирующие определенные процессы в организме.

Гравитационный коллапс — катастрофическое сжатие массивной звезды под действием сил тяготения после исчерпания в ее недрах источников ядерной энергии. Ведет к образованию пульсара или черной дыры.

Гравитон — гипотетическая частица гравитационного поля, движущаяся со скоростью света и не имеющая массы покоя (введена для объяснения гравитационного взаимодействия).

Диссипативные структуры (от лат. рассеивание) — новые структуры, требующие для своего становления большого количества энергии.

Длина волны — расстояние от гребня одной волны до гребня следующей. Волны разной длины соответствуют различным цветам. Длина волны красного цвета 0,00008 см, фиолетового цвета 0,00004 см.

Доплера эффект — если объект приближается к нам, то частота колебаний исходящих от него волн возрастает, и наоборот.

Жизненный цикл — совокупность фаз развития, пройдя которые, организм достигает зрелости и становится способным дать начало следующему поколению. У животных различают простой цикл и сложный — с метаморфозой (майский жук: яйцо — личинка — куколка — имаго). У высших растений различают однолетний, двухлетний и многолетний жизненный цикл.

Импульс — *в физике* — произведение массы на скорость; *в физиологии* — быстро распространяющаяся по нервному волокну волна возбуждения, возникающая при раздражении окончания чувствительного нервного волокна, тела нервной клетки или самого нервного волокна (сопровождается быстрым изменением возбудимости, проводимости, обмена веществ и физических свойств нервного волокна).

Инбридинг — скрещивание между собой двух близкородственных организмов для улучшения сельскохозяйственных растений и животных.

Инвариант — свойство системы, остающееся неизменным в процессе ее развития.

Информация — *в объективном смысле* — мера организованности системы.

Инерциальная система — система, движущаяся прямолинейно и равномерно, и в которой выполняются законы классической механики.

Инстинкт — сложная врожденная стереотипная форма поведения, возникающая в ответ на определенные изменения окружающей среды и имеющая большое значение для выживания организма.

Катализатор — вещество, которое влияет на химическую реакцию, оставаясь в итоге в неизменном количестве.

Квазар — квазизвездный источник энергии, предположительно являющийся протоядром новых галактик. Возможно представляет собой особую точку Вселенной, в которой сохранилось сверхплотное вещество.

Квант — неделимая порция какой-либо величины (энергия и т.п.).

Кварк — «кирпичики», из которых по современным физическим представлениям сложен мир. Их шесть типов с дробным электрическим зарядом. Последний, шестой из теоретически предсказанных, был открыт в 1994 г.

Ключевой раздражитель — стимул, который опознается животным при первом предъявлении без всякого индивидуального опыта.

Комменсализм — форма симбиоза, при которой один из партнеров извлекает пользу из совместного существования с другим партнером, а тот не имеет от этого ни пользы, ни вреда.

Кросс-катализ — (букв. перекрестный катализ) — химическая реакция, при которой два вещества помогают взаимному синтезу друг друга (например, нуклеиновые кислоты являются носителями информации, необходимой для синтеза протеинов, а протеины, в свою очередь, синтезируют нуклеиновые кислоты).

Либидо (от лат. желание) — в психоанализе особая энергия, характерная для инстинктов жизни. По К. Юнгу, проявление жизненного порыва, включающего сексуальность, но не сводимого к ней (так называемый аффективный потенциал).

Митоз — клеточное деление.

Мономер — элементарное звено цепочки полимеров.

Мультиплеты — группы частиц, возникающих при сильных взаимодействиях.

Мутация — ошибка в самовоспроизведении гена.

Мутуализм — взаимовыгодные отношения между двумя организмами.

Наука — сфера человеческой деятельности, в которой вырабатываются и теоретически систематизируются знания о действительности, допускающие доказательство или эмпирическую проверку.

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

Нейрон — нервная клетка со всеми отходящими от нее отростками.

Нейтронные звезды — небесные тела, возникающие в результате того, что оголенные ядра атомов поглощают электроны, превращая свои протоны в нейтроны, которые могут компактно упаковываться, так как нейтральны.

Нерв — совокупность нейронов и их отростков, выполняющих некоторую функцию (например зрительный нерв).

Нуклеиновые кислоты — носители генетической информации в живых телах.

Нуклеотиды — элементарные звенья нуклеиновых кислот.

Онтогенез — развитие индивида.

Определение — «речь, обозначающая суть бытия (вещи)», по Аристотелю; в современной науке — описание термина.

Органические вещества — главный субстрат живых тел, без которого жизнь была бы невозможна.

Палеоантроп — древний человек (название неандертальца).

Память — способность сохранять результаты прежних действий для использования в будущем.

Парадигма — «признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают образец постановки проблем и их решений научному сообществу» (Т. Кун. Структура научных революций).

Пептид — часть полипептидной цепи.

Пи-мезоны — элементарные частицы, с помощью которых осуществляется взаимодействие между частицами, входящими в состав ядер атомов.

Поведение — любое изменение объекта по отношению к окружающей среде.

Полимеры — молекулы, состоящие из длинных цепей атомов. Эти цепи свернуты в клубки.

Полипептидная цепь — цепь, получающаяся при соединении различных аминокислот.

Полисомы — комплексы из нескольких рибосом, соединенных информационной РНК.

Популяция — группа организмов, принадлежащих к одному виду и занимающих обычно четко ограниченную географическую область.

Проекция — бессознательная и чаще всего ошибочная уверенность, что субъект общения обладает такими же точно мыслями, желаниями и влечениями или, также бессознательное, наделение его своими собственными чувствами.

Прокариоты — организмы с мелкими, примитивно устроенными клетками, не имеющими четко выраженного ядра. Таковы бактерии.

Пульсар — космический объект, за доли секунды меняющий свое излучение.

Репликация — самовоспроизводство ДНК.

Рефлекс (от лат. отражение) — закономерная реакция организма на изменение внешней или внутренней среды, осуществляющаяся при посредстве центральной нервной системы в ответ на раздражение рецепторов.

Рецептор — нервное окончание, воспринимающее информацию об изменениях во внешней и внутренней среде.

Решающий эксперимент — «Р. Э. — это попытка опровергнуть теорию, и если такая попытка не приводит к успеху, а напротив, теория с её неожиданным предсказанием оказывается права, то мы вправе сказать, что теория подкрепляется этим экспериментом» (К. Поппер. Логика и рост научного знания).

Рибосомы — частицы, которые в большом количестве присутствуют в клетке и в которых происходит синтез белка. Рибосомы построены из белка и рибосомной РНК.

Симметрия (от греч. соразмерность) — правильность формы или неизменность законов.

Симбиоз — (от греч. совместная жизнь) — форма сосуществования двух различных организмов, имеющая две разновидности — мутуализм и комменсализм.

Синапс — место функционального контакта между нейронами, в котором происходит передача информации от одной клетки к другой.

Системность — внутренняя организация Вселенной, обладающая саморазвитием и эмерджентными свойствами и функционирующая по принципу обратных связей.

Социальное поведение — взаимодействие между особями одного и того же вида.

Странные частицы — K-мезоны и гипероны, результат сильных взаимодействий.

Стресс — сумма всех неспецифических изменений, вызванных какой-либо функцией или повреждением; определяется также как скорость изнашивания организма.

Тензор — совокупность всех величин, определяющих метрику пространства-времени и его геометрические свойства.

Триплет — кодовое число, соответствующее одной определенной аминокислоте.

Тяготение — форма взаимодействия между всеми телами. Тяготение совершенно одинаково действует на разные тела, сообщая им одинаковые ускорения независимо от их массы, химического состава и других свойств. Так, на поверхности Земли все тела падают под влиянием ее поля тяготения с одинаковым ускорением — ускорением свободного падения, что было установлено опытным путем Г. Галилеем и сформулировано как принцип строгой пропорциональности гравитационной массы, определяющей взаимодействие тела с полем тяготения и входящей в закон всемирного тяготения, и инертной массы, определяющей сопротивление тела действующей на него силе и входящей во второй закон механики Ньютона.

Фенотип — совокупность признаков, организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития.

Филогенез — развитие вида.

Фотон — элементарный квант света.

Хромосома — часть ядра клетки, состоящая из белка и нуклеиновых кислот, в которой заключена наследственная информация об организме.

Центральная нервная система — головной и спинной мозг.

Эукариоты — организмы с клетками, содержащими ядро. К таковым относятся все растения и животные.

Эффектор — дифференцированная структура (клетка, ткань, орган или система органов), осуществляющая специфическую реакцию в ответ на стимулы, поступающие из нервной системы.

ПЕРСОНАЛИИ

АМБАРЦУМЯН Виктор Амазаспович (род. в 1908 г.), советский физик и астрофизик.

АНДЕРСОН Карл Дэйвид (род. в 1905 г.), американский физик.

БАУМ Вернер А. (род. в 1923 г.), американский астроном.

БЕРТАЛАНФИ Людвиг фон (1901–1972), австрийский биолог-теоретик, до 1948 г. работал в Венском университете, с 1949 г. — в США и Канаде.

БОР Нильс (1885–1962), датский физик-теоретик.

БРИДЖМЕН Перси (1882–1961), американский физик и философ.

БРОЙЛЬ Луи де (1892–1987), французский физик-теоретик.

БРУНО Джордано (1548–1600), итальянский философ-естествоиспытатель и поэт.

БЬЁРКНЕС Вильгельм (1862–1951), норвежский физик, метеоролог и геофизик.

БЭКОН Френсис (1561–1626), английский философ и политик.

ВЕГЕНЕР Альфред (1880–1930), немецкий геофизик и метеоролог.

ВЕЙСМАН Август (1834–1914), немецкий зоолог, теоретик эволюционного учения.

ВЕРНАДСКИЙ Владимир Иванович (1863–1945), советский минералог, геохимик, биогеохимик.

ВИЛЬСОН Чарльз (1869–1959), английский физик.

ВИНЕР Норберт (1894–1964), американский математик.

ВОЛЬТЕРРА Вито (1860–1940), итальянский математик.

ГАБОР Деннис (1900–1979), физик, уроженец Будапешта, работал в Германии и Англии.

ГАЛИЛЕЙ Галилео (1564–1642), итальянский математик, физик и астроном.

ГЁДЕЛЬ Курт (1906–1978), логик и математик, уроженец Чехословакии.

ГЕЙЗЕНБЕРГ Вернер (1901–1976), немецкий физик-теоретик.

ГРАНИТ Рагнар (род. в 1900 г.), шведский физиолог.

ДАРВИН Чарльз (1809–1882), английский естествоиспытатель.

ДЕКАРТ Рене (1596–1650), французский философ, математик, физик и физиолог.

ДЕ ФРИЗ Гуго (1848–1935), нидерландский ботаник и генетик.
ДИРАК Поль (1902–1984), английский математик и физик.
ДОКУЧАЕВ Василий Васильевич (1846–1903), русский почвовед.
ДРЕЙК Фрэнк (род. в 1930 г.), американский астроном.
ЖАКОБ Франсуа (род. в 1920 г.), французский биолог.
ЖОЛИО-КЮРИ Ирен (1897–1956), французский физик и радиохимик.
ЖОЛИО-КЮРИ Фредерик (1900–1958), французский физик.
КАРНАП Рудольф (1891–1970), австрийский философ и логик, работал в Австрии, Германии, Чехословакии, с 1935 г. — в США.
КЕНДРЬЮ Джон (род. в 1917 г.), английский биохимик.
КРИК Фрэнсис (род. в 1916 г.), английский физик, работающий в области молекулярной биологии.
ЛАПЛАС Пьер (1749–1827), французский астроном, математик и физик.
ЛОБАЧЕВСКИЙ Николай Иванович (1792–1856), русский математик.
ЛОРЕНЦ Конрад (1903–1989), австрийский зоолог.
ЛЬВОВ Андре (род. в 1902 г.), французский микробиолог и биохимик.
МАЙКЕЛЬСОН Альберт (1852–1931), американский физик, уроженец Польши.
МАКСВЕЛЛ Джеймс (1831–1879), английский физик.
МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий Иванович (1834–1907), русский химик.
МЕНДЕЛЬ Грегор (1822–1884), чешский естествоиспытатель.
МИЛЛЕР Стэнли (род. в 1930 г.), американский биолог.
МИНКОВСКИЙ Оскар (1864–1931), немецкий математик и физик, уроженец Литвы.
МОНО Жак (1910–1976), французский биохимик.
МОРГАН Томас (1866–1945), американский биолог.
МОХОРОВИЧИЧ Андрей (1857–1936), югославский геофизик и сейсмолог.
МЮЛЛЕР Пауль (1899–1965), швейцарский химик.
НОРРИШ Рональд (1897–1978), английский физикохимик.
НЬЮТОН Исаак (1642–1727), английский физик, математик и астроном.
ОПАРИН Александр Иванович (1894–1980), советский биохимик.
ОППЕНГЕЙМЕР Джакоб Роберт (1904–1967), американский физик-теоретик.
ПАВЛОВ Иван Петрович (1849–1936), советский физиолог.
ПЛАНК Макс (1858–1947), немецкий физик-теоретик.
ПОЛИНГ Лайнус (род. в 1901 г.), американский физик и химик.
ПРИГОЖИН Илья (род. в 1917 г.), бельгийский физик, уроженец Москвы.
ПУАНКАРЕ Жюль Анри (1854–1912), французский математик, физик и философ.
РЕЗЕРФОРД Эрнест (1871–1937), английский физик, уроженец Новой Зеландии.

СЕЛЬЕ Ганс (1907–1982), канадский биолог, патолог, физиолог, уроженец Вены.
СЕМЁНОВ Николай Николаевич (1896–1986), советский физик и физикохимик.
ТАУНС Чарльз (род. в 1915 г.), американский физик.
ТЕЛЛЕР Эдвард (род. в 1908 г.), американский физик, уроженец Будапешта.
ТИНБЕРГЕН Николас (1907–1988), нидерландский зоолог и этолог, с 1949 г. работал в Англии.
ТЬЮРИНГ Алан (1912–1954), английский математик.
УОТСОН Джеймс (род. в 1928 г.), американский биохимик, работал также в Дании и Англии.
УХТОМСКИЙ Алексей Алексеевич (1875–1942), советский физиолог.
ФЕРМИ Энрико (1901–1954), итальянский физик, с 1938 г. — в США.
ФРЕЙД Зигмунд (1856–1939), австрийский невропатолог и психиатр.
ФРИДМАН Александр Александрович (1888–1985), советский физик и математик.
ХАББЛ Эдвин (1899–1953), американский астроном, уроженец Сан-Марино.
ХЬЮИШ Энтони (род. в 1924 г.), английский астроном.
ЦИОЛКОВСКИЙ Константин Эдуардович (1857–1935), советский теоретик космонавтики.
ШАВЛОВ Артур (род. в 1921 г.), американский физик.
ШЕННОН Клод (род. в 1916 г.), американский математик.
ШЕРРИНГТОН Чарльз (1857–1952), английский нейрофизиолог.
ШЛИК Мориц (1882–1936), австрийский философ и физик, уроженец Германии.
ШРЁДИНГЕР Эрвин (1887–1961), австрийский физик-теоретик.
ЭЙГЕН Манфред (род. в 1927 г.), немецкий физикохимик.
ЭЙНШТЕЙН Альберт (1879–1955), физик-теоретик и философ, родился в Германии.
ЮКАВА Хидэки (1907–1981), японский физик.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ К КУРСУ

1. *Вернадский В.И.* Биосфера. Различные издания.
2. *Винер Н.* Кибернетика. — М., 1968.
3. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. — М., 1989.
4. *Гумилёв Л.Н.* Этногенез и биосфера Земли. Различные издания.
5. *Кендрью Дж.* Нить жизни. — М., 1968.
6. *Краткий* миг торжества. — М., 1989.
7. *Кун Т.* Структура научных революций. — М., 1975.
8. *Лоренц К.* Агрессия. — М., 1994.
9. *Мечников Л.И.* Цивилизация и великие исторические реки. — М., 1995.
10. *Поппер К.* Логика и рост научного знания. — М., 1983.
11. *Поршнев Б.Ф.* О начале человеческой истории. — М., 1974.
12. *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. — М., 1994.
13. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. — М., 1986.
14. *Пуанкаре А.* О науке. — М., 1983.
15. *Селье Г.* От мечты к открытию. — М., 1987.
16. *Сноу Ч.* Две культуры. — М., 1973.
17. *Тейяр де Шарден.* Феномен человека. — М., 1973.
18. *Тинберген Н.* Социальное поведение животных. — М., 1992.
19. *Фрейд З.* Психология бессознательного. — М., 1989.
20. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. — М., 1965.
21. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. — М., 1959.
22. *Эшби У.Р.* Конструкция мозга. — М., 1964.
23. *Юнг К.* Архетип и символ. — М., 1991.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Глава 1. Значение научно-технической революции 5
Связь науки и техники в современном мире 5
Определение НТР 6
Воздействие НТР на жизнь общества 8
Воздействие НТР на мировоззрение людей 9
Отрицательные последствия НТР 10
Естественнонаучная и гуманитарная культура 15
Вопросы для повторения 16
Литература к главе 1 16
Практикум к семинару 16
Глава 2. Особенности современного естествознания 18
Характерные черты науки 18
Отличие науки от других областей культуры 19
Наука и религия 20
Наука и философия 21
Становление науки 21
Что такое естествознание? 24
Эволюция и место науки в системе культуры 25
Значение науки в эпоху НТР 27
Противоречия современной науки 29
Вопросы для повторения 33
Литература к главе 2 33
Практикум к семинару 34
Глава 3. Структура и методы естественнонаучного познания 38
Уровни естественнонаучного познания 38
Соотношение эмпирического и теоретического уровней исследования 45
Методы научного познания 47
Применение математических методов в естествознании 50

Внутренняя логика и динамика развития естествознания ... 51
Естественнонаучная картина мира ... 52
Вопросы для повторения ... 54
Литература к главе 3 ... 54
Практикум к семинару ... 55
Глава 4. Современные науки о Космосе и о Земле ... 61
Происхождение Вселенной ... 61
Модель расширяющейся Вселенной ... 63
Эволюция и строение галактик ... 66
Астрономия и космонавтика ... 68
Строение и эволюция звезд ... 70
Солнечная система и ее происхождение ... 72
Строение и эволюция Земли ... 74
Вопросы для повторения ... 75
Литература к главе 4 ... 76
Практикум к семинару ... 76
Глава 5. Современная физика ... 79
Физика и редукционизм ... 79
Физика и наглядность ... 80
Теория относительности ... 82
Квантовая механика ... 87
В глубь материи ... 90
Физические взаимодействия ... 92
Вопросы для повторения ... 93
Литература к главе 5 ... 94
Практикум к семинару ... 94
Глава 6. Кибернетика и синергетика ... 101
Понятие сложной системы ... 101
Понятие обратной связи ... 102
Понятие целесообразности ... 103
Кибернетика ... 104
ЭВМ и персональные компьютеры ... 107
Модели мира ... 108
Сложные системы в химии ... 109
Неравновесные системы ... 111
Эволюция и ее особенности ... 112
От термодинамики закрытых систем к синергетике ... 115
Гипотеза рождения материи ... 116
Вопросы для повторения ... 119
Литература к главе 6 ... 119
Практикум к семинару ... 119

Глава 7. Современная биология ... 123
Отличие живого от неживого ... 123
Концепция возникновения жизни ... 124
Вещественная основа жизни ... 125
Земля в период возникновения жизни ... 126
Начало жизни на Земле ... 129
Эволюция форм жизни ... 130
Значение клетки ... 132
Воспроизводство жизни ... 134
Генетика ... 137
Вопросы для повторения ... 140
Литература к главе 7 ... 140
Практикум к семинару ... 140
Глава 8.Экология и учение о биосфере ... 145
Отличия растений и животных ... 145
Учение В.И. Вернадского о биосфере ... 146
Эмпирические обобщения В.И. Вернадского ... 147
Экология ... 149
Закономерности развития экосистем ... 152
Синтетическая теория эволюции ... 155
Концепция коэволюции ... 158
Гипотеза Геи-Земли ... 159
Вопросы для повторения ... 162
Литература к главе 8 ... 162
Практикум к семинару ... 162
Глава 9. Этология и социобиология ... 164
Раздражимость и нервная система ... 164
Типы поведения ... 168
Рефлексы и бихевиоризм ... 170
Инстинкт и научение ... 171
Формы сообществ ... 177
Поведение и гены ... 179
Вопросы для повторения ... 181
Литература к главе 9 ... 182
Практикум к семинару ... 182
Глава 10. Современная антропология ... 185
Человек как объект естественнонаучного познания ... 185
Представление о появлении человека на Земле ... 186
Сходство человека и животного и различия между ними ... 187
Антропология ... 189

Эволюция культуры ... 191
Вклад социобиологии в изучение человека ... 193
Этология и человек ... 194
Этнология ... 197
Социальная экология ... 198
Ноосфера ... 201
Вопросы для повторения ... 202
Литература к главе 10 ... 202
Практикум к семинару ... 203
Глава 11. Мозг, сознание, бессознательное ... 205
Изучение мозга человека ... 205
Психоанализ ... 208
Аналитическая психология ... 211
Сознание и бессознательное ... 213
Парапсихология ... 214
Особенности психологии мужчин и женщин ... 216
Сознание и нравственность ... 217
Классическая и холотропная модели сознания ... 218
Естественнонаучное обоснование нравственности ... 221
Вопросы для повторения ... 223
Литература к главе 11 ... 224
Практикум к семинару ... 224
Глава 12. Личность и этика ученого ... 227
Общие закономерности развития современного естествознания ... 227
Научные революции в XX в. и современная естественнонаучная картина мира ... 230
Трудности и парадоксы развития науки ... 231
Наука как эволюционный процесс ... 233
Значение личности в науке ... 234
Мотивы занятия наукой ... 235
Качества, необходимые ученому ... 237
Типы личности ученых ... 238
Наука и ценности ... 240
Наука и этика ... 241
Биоэтика ... 243
Проблема ответственности ... 246
Нужны ли нравственные кодексы ученых? ... 247
Вопросы для повторения ... 247
Литература к главе 12 ... 248
Практикум к семинару ... 248

Темы контрольных работ и докладов на семинарах ... 253
Темы для подготовки к экзаменам и зачетам ... 256
Структура ответов на вопросы на зачетах и экзаменах ... 258
Хрестоматия ... 274
А. Пуанкаре.
Выбор фактов ... 274
А. Эйнштейн, Л. Инфельд.
Поле и относительность ... 282
Время, пространство, относительность ... 282
Относительность и механика ... 293
Пространственно-временной континуум ... 298
Общая относительность ... 305
Вне и внутри лифта ... 309
Геометрия и опыт ... 315
Общая относительность и ее экспериментальная проверка ... 323
Поле и вещество ... 327
В. Гейзенберг.
История квантовой теории ... 332
И. Пригожин, И. Стенгерс.
Новый диалог человека с природой ... 344
Н. Винер.
Кибернетика. Введение ... 349
К. Лоренц.
Агрессия ... 383
Великий парламент инстинктов ... 383
Анонимная стая ... 403
Сообщество без любви ... 411
Союз ... 417
Се человек ... 459
В.И. Вернадский.
Несколько слов о ноосфере ... 480
Приложения ... 491
Календарь открытий ... 491
Словарь терминов ... 498
Персоналии ... 503
Список рекомендуемой литературы к курсу ... 506

Учебное издание

Горелов Анатолий Алексеевич

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Зав. редакцией *Т.А.Савчук*
Редактор *И.Б.Нилова*
Компьютерная верстка *Ф.П.Дорохов*
Корректор *Л.С.Безуглина*

Лицензия ЛР № 064380 от 04.01.96.
Сдано в набор 19.01.98. Подписано в печать 07.04.98.
Формат $60\times90^{1}/_{16}$. Печать офсетная. Усл. печ. л. 32.
Тираж 10 000 экз.

Заказ № 3196.

«Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС»,
117571, Москва, просп. Вернадского, 88.
Московский педагогический государственный университет,
тел. 437-99-98, 430-04-92, 437-25-52, тел./факс 932-56-19.
E-mail: vlados@dol.ru
http://www.vlados.ru

Отпечатано в ГУИПП «Курск».
305007, г. Курск, ул. Энгельса, 109.

1931 г. — логик и математик Курт Гёдель доказал, что если теория непротиворечива и аксиомы формализованной математики суть теоремы этой теории, то такая теория не полна. Истинность (непротиворечивость) любой теории, содержащей формализованную математику, нельзя доказать с помощью конечных (финитных) процессов в рассуждениях. Таким образом, формализация имеет свои пределы;

канадский патолог Ганс Селье ввел понятие стресса.

1932 г. — гипотеза В. Гейзенберга, Д.Д. Иваненко и И.Е. Тамма о строении атомного ядра из протонов и нейтронов. Число нуклонов равно массовому числу. Сумма масс нуклонов и электронов дает массу атома.

английский физик Дж. Чэдвик открыл нейтрон;

австрийский биолог-теоретик Людвиг Берталанфи разработал теорию биологических объектов как открытых систем, находящихся в состоянии динамического равновесия (так называемая «общая теория систем»);

Чарльз Шеррингтон ввел термин «синапс» и показал значение торможения в рефлекторной деятельности спинного мозга. Школа Шеррингтона заложила основы современной нейрофизиологии.

1933 г. — немецкий физик Теодор Гейтинг открыл взаимную аннигиляцию частицы и античастицы.

1934 г. — французские физики Ирен и Фредерик Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность, облучая алюминиевую фольгу α-частицами. Энрико Ферми установил, что при бомбардировке урана нейтронами возникают новые радиоактивные элементы.

1935 г. — японский физик Хидэки Юкава теоретически обосновал наличие в ядрах нестабильных элементов сильно взаимодействующих частиц (мезонов) с очень коротким периодом существования;

началось промышленное производство синтетической ткани — «целлюлозной шерсти»;

немецкому биологу Хансу Шпеману присуждена Нобелевская премия в области физиологии и медицины за открытие «организационных эффектов (центров)» эмбриона. Установив взаимозависимость развития одной части зародыша от другой, Шпеман сформулировал теорию «организаторов», воздействующих на развитие частей эмбриона.

1936 г. — английский математик Алан Тьюринг и американский математик и логик Эмиль Пост независимо друг от друга разработали концепцию «абстрактной вычислительной машины». Тьюринг описал также гипотетический универсальный преобразователь дискретной информации, получивший название «машины Тьюринга».

1938 г. — в Англии сконструирована первая система радиолокационной аппаратуры — радаров.

1939 г. — советский математик и экономист Леонид Витальевич Канторович выпустил в Ленинграде книгу «Математические методы организации и планирования производства», заложившую основы новой дисциплины — линейного программирования;

Ф. Жолио-Кюри и независимо от него Э. Ферми установили, что расщепление урана-235 сопровождается высвобождением новых (вторичных) нейтронов. Так была открыта цепная ядерная реакция. Позднее ими предложен проект первого ядерного реактора.

1941 г. — Норберт Винер опубликовал свой первый труд о сходстве между работой математической машины и нервной системой живого организма.

1942 г., август — утвержден проект «Манхэттен», связанный с разработкой атомной бомбы (руководитель — Роберт Оппенгеймер);

осуществлена первая управляемая цепная реакция в ядерном реакторе, созданном в Чикагском университете под руководством Э. Ферми.

1943 г. — Отто Юльевич Шмидт выдвинул гипотезу метеоритного происхождения Солнечной системы. В 1944 г. опубликовано его исследование «Метеоритная теория происхождения Земли и планет».

1945 г., 16 августа — произведен первый экспериментальный взрыв атомной бомбы; **6 августа** — атомная бомба сброшена на Хиросиму, погибло 140 тыс. человек, **9 августа** — на Нагасаки, погибло 75 тыс. человек.

1946 г. — Иван Иванович Шмальгаузен разработал теорию новой интегрированной формы естественного отбора — стабилизирующего отбора.

1947 г. — Виктор Амазаспович Амбарцумян открыл новый тип звездных систем — звездные ассоциации (динамически неустойчивые группы молодых звезд) и доказал, что процесс звездообразования во Вселенной продолжается.

1948 г. — Норберт Винер выпустил книгу «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Американский математик и инженер Клод Шеннон выпустил книгу «Математическая теория передачи информации»;

американские физики Уолтер Браттейн, Джон Бардин и Уильям Шокли создали транзистор, а венгерский физик Деннис Габор сформулировал принципы голографии;

Нобелевская премия присуждена швейцарскому химику Паулю Мюллеру за синтез ДДТ;

осуществлен первый термоядерный взрыв по проекту американского физика Эдварда Теллера. Начало работ над осуществлением управляемой термоядерной реакции с использованием устройства камеры-ловушки для плазмы «Токамак» (руководитель — И.Е. Тамм).

1953 г. — американский химик и биолог Стэнли Миллер показал возможность искусственного синтеза аминокислот из аммиака, метана, водяных паров в условиях, сходных с теми, которые могли быть на земной поверхности вскоре после образования Земли. Синтез мог начаться под воздействием электрических разрядов и ультрафиолетовых лучей;

американский биохимик Джеймс Уотсон и английский физик Фрэнсис Крик открыли структуру ДНК.

1954 г. — введена в действие первая атомная электростанция в Обнинске;

американский палеонтолог Патрик Харлей обнаружил в кремнеземе вблизи Верхнего Озера (Канада) зеленые водоросли, возраст которых, по его предположению, 2 млрд лет, и восемь аминокислот органического происхождения.