Фритьоф Капра

Дао физики

В предлагаемой книге современного философа и физика теоретика описаны важнейшие физические открытия XX века в области ядерной физики и квантовой механики, причем автор указывает на неразрешимую пока парадоксальную природу открытых явлений. Для преодоления возникающих при этом теоретических проблем он старается применить к ним интуитивно-созерцательный подход, характерный для духовных и философских учений Востока. Книга написана доступным языком, без использования математического аппарата, и адресована философам, религиоведам, физикам, а также — широкому кругу читателей.

© «ОРИС»* «ЯНА-ПРИНТ» 1994
© Г. Г. Семенов, художественное оформление, 1994.
П. Л. Гроховский, перевод с английского,
«BIBLIOTHECA ORIENTALIA»™, А. И. Бреславец

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ко второму изданию
Предисловие к первому изданию
Глава 1. Современная физика — "путь с сердцем"
Глава 2. Знать и видеть
Глава 3. За пределами языка
Глава 4. Новая физика
Глава 5. Индуизм
Глава 6. Буддизм
Глава 7. Китайская философия
Глава 8. Даосизм
Глава 9. Дзэн
Глава 10. Единство всего сущего
Глава 11. За пределами мира противопоставлений
Глава 12. Пространство-время
Глава 13. Динамическая Вселенная
Глава 14. Пустота и форма
Глава 15. Космический танец
Глава 16. Симметрии в мире кварков "еще один коан?"
Глава 17. Модели перемен
Глава 18. Взаимопроникновение
Эпилог
Снова о новой физике — послесловие ко второму изданию

Должно быть, истинно то универсальное утверждение, согласно которому, за все время размышлений человека о мире, события, имевшие наиболее далеко идущие последствия, часто происходили в моменты взаимодействия двух различных систем мышления. Последние могли принадлежать к совершенно различным эпохам, религиозным и культурным традициям и областям знания; поэтому если они действительно взаимодействовали, то есть имели столько общего, что стало возможным их подлинное взаимодействие, от этого можно было ожидать новых и интересных событий.

Вернер ГЕЙЗЕНБЕРГ

Предисловие ко второму изданию

Эта книга была впервые опубликована семь лет назад, а задумана — более десяти. Поэтому вполне уместно рассказать читателям, что произошло с тех пор с этой книгой, с физикой и со мной самим.

Когда я обнаружил параллели между мировоззрениями физиков и мистиков, которые отмечались и ранее, но никогда не становились предметом тщательного исследования, я был уверен, что в будущем эти вполне очевидные параллели будут осознаны каждым. Иногда мне даже казалось, что моя функция при написании "Дао физики" — просто регистрация очевидных фактов. Я не обманулся в своих ожиданиях: несмотря на то, что финансовая поддержка и реклама моей книги были очень невелики, и в США, и в Англии она была встречена с энтузиазмом, и сейчас в мире существует уже около дюжины ее изданий.

Реакция научных кругов, как и следовало ожидать, была более осторожной, но и в этой среде растет интерес к расширению сферы приложения результатов физики двадцатого века. Неудивительно нежелание современных ученых признать принципиальные совпадения мистических представлений о мироздании со своими собственными, поскольку мистицизм, по крайней мере, на Западе, всегда ассоциировался с чем-то таинственным и крайне ненаучным. К счастью, эта ситуация постепенно меняется к лучшему. Теперь, когда восточная философия стала интересовать достаточно большое число людей, а медитация уже не является объектом насмешек и подозрений, ученые тоже начали воспринимать мистицизм всерьез.

Успех "Дао физики" привел к серьезным изменениям в моей жизни. В последние годы я много ездил с лекциями, выступая перед учеными и людьми самых разных профессий. Обсуждая вопросы использования "новой физики", я получил возможность намного лучше понять причины того, почему за последние двадцать лет на Западе появился сильный интерес к восточным мистическим учениям. Теперь я склонен рассматривать этот интерес как одно из проявлений более общей тенденции, направленной на преодоление дисбаланса в нашей культуре — в наших мыслях и чувствах, оценках и критериях, общественных и политических структурах. На мой взгляд, этот дисбаланс можно описать при помощи фундаментальных понятий китайской философии — ИНЬ и ЯН. В нашей культуре явное предпочтение отдавалось ценностям и подходам, в которых преобладало мужское начало — ЯН, и пренебрегалось его неотъемлемой женской дополняющей — ИНЬ. Мы предпочитали самоутверждение объединению, анализ — синтезу, рассудочное познание — интуитивному, науку — религии, соревнование — сотрудничеству и так далее. Односторонность развития дошла до опасных пределов, и привела к социальному, экономическому, моральному и духовному кризису.

Однако, одновременно с этим, на наших глазах началось грандиозное движение в умах и сердцах, подтверждающее древнее китайское изречение о том, что "ЯН, достигнув пика своего развития, отступает перед лицом ИНЬ". Шестидесятые-семидесятые годы стали свидетелями целого ряда изменений в общественной психологии: растущая озабоченность по отношению к экологическим проблемам, сильный интерес к мистицизму, феминизм, возрождение интереса к оздоровлению и медицине — все это — компенсация за то, что в нашем обществе долгое время преобладало рациональное, маскулинное начало, и путь к восстановлению естественного равновесия. Таким образом, осознание глубокой взаимосвязи современной физики и восточных мистических учений — еще один шаг к выработке нового взгляда на действительность, при условии основательного пересмотра наших ценностей, представлений и мыслей. В моей второй книге, "Поворотный пункт", я исследую различные аспекты и последствия этой трансформации в западной культуре.

Тот факт, что нынешние изменения в нашей системе ценностей могут отразиться на многих научных дисциплинах, возможно, покажется удивительным, если верить в абсолютную объективность науки и в ее свободу от оценок. Однако новая физика отрицает возможность последнего. Дополнения к квантовой теории, сделанные Гейзенбергом и подробно описанные в этой книге, ясно говорят, что классические представления об объективном характере науки устарели. Современная физика, таким образом, бросает вызов мифу об объективности науки. Структуры, которые ученые изучают в окружающем их мире, тесно связаны с паттернами *** их мышления — концепциями, мыслями, системой ценностей. Следовательно, теоретические и практические результаты исследования зависят от образа мышления ученого. Хотя большая часть конкретных изысканий не зависит от системы ценностей ученых явным образом, общее направление исследования не может от нее не зависеть. Поэтому ученые несут не только интеллектуальную, но и моральную ответственность за свои исследования.

*** Здесь и. далее в книге автор намеренно использует, наряду с терминами "структура", "модель", уже устоявшийся в англоязычной научной литературе термин pattern, имеющий широкий диапазон значений в зависимости от контекста, с особым акцентом на "преходящей", "динамической" и "вероятностной" природе описываемых явлений. Во многих случаях этому термину невозможно найти адекватного русского аналога. Поэтому редактор считает должным, по необходимости, сохранить термин "паттерн" в данной книге, следуя замыслу автора [— Ред.]

С этой точки зрения, связь между физикой и мистицизмом не только интересна, но и очень важна. Она показывает, что открытия современной физики предложили исследователям два пути: первый ведет к Будде, второй — к Бомбе, — и каждый ученый сам волен выбирать свой путь. Мне кажется, что сложно переоценить важность пути Будды — "пути с сердцем" — сейчас, когда около половины наших специалистов работают на военно-промышленный комплекс, используя огромный творческий потенциал во имя создания все более изощренных орудий массового уничтожения.

Это издание книги было дополнено результатами новых исследований в области субатомной физики. Я слегка изменил текст некоторых абзацев, чтобы учесть последние открытия, и добавил в конце книги новый раздел "Еще раз о новой физике", в котором более подробно описал последние достижения в области субатомной физики. Мне было очень приятно, что новые исследования не опровергли ни одного из моих положений. Это упрочило мою уверенность в том, что будущие открытия прольют дополнительный свет на параллели между физикой и мистицизмом.

Более того, теперь я чувствую себя гораздо увереннее, поскольку параллели с восточными мистическими учениями обнаруживаются не только в физике, но и в биологии, психологии и других науках. Изучая взаимосвязи между физикой и этими науками, я обнаружил, что понятия современной физики могут быть перенесены и в другие области посредством теории систем. Изучение понятия "системы" в биологии, медицине, психологии и общественных науках, которое я предпринял в книге "Поворотный пункт", показало, что подход с позиций теории систем значительно усиливает параллели между современной физикой и восточным мистицизмом. Помимо этого, новая биология систем и новая психология систем обнаруживают другие совпадения с мистическими учениями, лежащие за пределами предмета изучения физики. В моей второй книге рассматриваются представления о свободе воли, о смерти, о сущности жизни, мышления, сознания и развития. Принципиальное сходство этих представлений, описанных в терминах теории систем, с соответствующими положениями восточного мистицизма, убедительно свидетельствует в пользу моего утверждения о том, что философия мистических традиций, или "неувядающая философия" — это наиболее последовательное философское обоснование современных научных теорий. **Фритьоф Капра Беркли, июнь 1982 г.**

Предисловие к первому изданию

Пять лет назад я испытал незабываемое ощущение, которое привело меня к написанию этой книги. Однажды летом я сидел на берегу океана и, прислушиваясь к ритму своего дыхания, смотрел, как волны набегают на берег и отступают назад, — и внезапно мне открылось, что все, что окружает меня, участвует в грандиозном космическом танце. Будучи физиком, я знал, что песок, камни, вода и воздух вокруг меня состоят из вибрирующих молекул и атомов, а последние — из частиц, при взаимодействии которых появляются и исчезают другие частицы. Кроме того, я знал, что атмосферу Земли постоянно бомбардируют потоки космических лучей — частиц с высокой энергией, претерпевающих многочисленные превращения при прохождении через воздух. Все это было известно мне благодаря моим исследованиям в области физики высоких энергий, но до этого момента я воспринимал эту информацию только в виде графиков, диаграмм и математических теорий. Когда я сидел на берегу, в моем сознании всплыли ранее приобретенные знания; я "увидел" каскады энергии из открытого космоса, в которых с ритмической пульсацией возникали и исчезали частицы; "увидел", как атомы различных элементов и моего собственного тела участвуют в космическом танце энергии; я почувствовал ритм этого танца и "услышал" его звучание, и в этот момент я УЗНАЛ, что это и есть танец Шивы — Владыки Танца, почитаемого индуистами.

Я долго изучал теоретическую физику и несколько лет занимался исследованиями. Одновременно с этим я заинтересовался восточным мистицизмом, и вскоре стал обнаруживать параллели с современной физикой. Особенно меня заинтересовали дзэнские задачи, напомнившие мне о парадоксах квантовой теории. Тем не менее, сначала объединение этих двух направлений было просто интеллектуальным упражнением. Мне всегда было сложно преодолевать пропасть между рациональным, аналитическим мышлением и медитативным переживанием мистического откровения.

В начале своего пути я, благодаря использованию "растений силы", узнал, как выглядит свободное течение потока сознания, как духовные прозрения приходят сами по себе, без всяких усилий с нашей стороны поднимаясь из глубин сознания. Я помню первое свое ощущение такого рода. Следуя за десятилетиями привычного дискретного аналитического мышления, оно было настолько ошеломляющим, что я, разрыдавшись, изливал подобно Кастанеде, потоки своих впечатлений на листе бумаги.

Позже пришло ощущение Танца Шивы, которое я попытался запечатлеть на фотомонтаже. Оно приходило и возвращалось вновь, помогая мне постепенно осознать, что современная физика дает начало последовательному взгляду на мир, не противоречащему древней восточной мудрости. Я вел записи на протяжении нескольких лет и, прежде чем собрать все свои впечатления в этой книге, написал несколько статей об обнаруженных мною параллелях.

Книга адресована читателям, интересующимся восточными мистическими учениями и не обязательно обладающими познаниями в области физики. Я старался описывать понятия и теории современной физики, не злоупотребляя математическими построениями и специальными терминами, хотя, возможно, некоторые абзацы неспециалисту придется перечесть два раза. Все технические термины поясняются при первом употреблении.

Я выражаю надежду, что среди моих читателей будут также физики, интересующиеся философскими аспектами своей науки и до сих пор не знакомые с восточной философией. Они найдут в восточном мистицизме последовательное и стройное философское обоснование наших наиболее передовых теорий о строении физического мира.

Что касается содержания книги, читатель, возможно, почувствует неравномерность в описании концепций мистицизма и физики. По мере чтения его понимание физической проблематики будет неуклонно расти, однако сопоставимого продвижения в области мистицизма может и не произойти. Это неизбежно, поскольку мистицизм — это ощущения и представления, которые нельзя приобрести за счет чтения книг на эту тему. Глубокое понимание любой мистической традиции может быть достигнуто лишь в том случае, если мы приняли решение активно погрузиться в ее среду. Я могу только надеяться, что моя книга убедит читателя в том, что подобное погружение чрезвычайно плодотворно.

По мере написания этой книги росло и мое собственное понимание восточной философии. Этим я обязан двум людям, родившимся на Востоке — Фирозу Мехта, который помог мне понять многие аспекты индийского мистицизма, и моему учителю тайцзи Лю Сю-ци, который познакомил меня с живой даосской традицией.

Невозможно перечислить имена всех тех ученых, студентов, деятелей искусства и просто друзей, беседы с которыми предоставили мне возможность сформулировать свои идеи. Мне кажется, что следовало бы, тем не менее, выразить особую признательность Грэхэму Александру, Джонатану Эшмору, Стрэтфорду Кэлдэкотту, Лин Гэмблз, Соне Ныобай, Рэю Риверсу, Джоэль Шерк, Джорджу Сударшану и Райану Томасу.

И, наконец, я бесконечно обязан миссис Паули Бауэр-Иннхоф за ее щедрую финансовую поддержку в те моменты, когда в этом была наибольшая необходимость.

Фритьоф Капра

Лондон, декабрь 1974 г.

"Каждый путь — это всего лишь путь, и ни в тебе, ни в других нет ничего, что препятствовало бы тебе покинуть его, если таково веление твоего сердца... Смотри на всякий путь пристально и внимательно. Испытывай его столько раз, сколько тебе представляется необходимым. Затем задай себе, и только себе, один вопрос... Обладает ли этот путь сердцем? Если да, этот путь хорош; если нет, он бесполезен".

Карлос КАСТАНЕДА
"Учение дона Хуана"

Глава 1.
СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА — "ПУТЬ С СЕРДЦЕМ"?

Современная физика оказала влияние почти на все стороны общественной жизни. Она является основой для всех естественных наук, а союз естественных и технических наук коренным образом изменил условия нашей жизни на Земле, что привело как к положительным, так и к отрицательным последствиям. Сегодня вряд ли можно найти отрасль промышленности, не использующей достижений атомной физики, и нет нужды говорить об огромном влиянии последней на политику. Однако влияние современной физики сказывается не только в области производства. Оно затрагивает также всю культуру в целом и образ мышления — в частности, и выражается в пересмотре наших взглядов на Вселенную и нашего отношения к ней. Изучение мира атома и субатомного мира в двадцатом веке неожиданно ограничило область приложения идей классической механики и обусловило необходимость коренного пересмотра многих наших основных понятий. Понятие материи в субатомной физике, например, абсолютно не похоже на традиционные представления о материальной субстанции в классической физике. То же можно сказать о понятиях пространства, времени, причины и следствия. Как бы то ни было, эти понятия лежат в основе нашего мировоззрения, и в случае их радикального пересмотра начинает изменяться вся наша картина мира.

Эти изменения, привнесенные современной физикой, широко обсуждались физиками и философами на протяжении последних десятилетий, но довольно редко при этом они обращали внимание на то, что все эти изменения, похоже, приближают нас к восприятию мира, входному с картиной мира мистиков Востока. Понятия современной физики зачастую обнаруживают изумительное сходство с представителями, воплощенными в религиозных философиях Дальнего Востока. Хотя эти параллели до сих пор не рассматривались хоть сколько-нибудь обстоятельно, они были отмечены некоторыми выдающимися физиками нашего столетия, соприкоснувшимися с восточной культурой во время посещения Индии, Китая и Японии с лекциями. Следующие три цитаты могут служить в качестве примеров:

*"Общие законы человеческого познания, проявившиеся и в открытиях атомной физики, не являются чем-то невиданным и абсолютно новым. Они существовали и в нашей культуре, занимая при этом гораздо более значительное и важное место в буддийской и индуистской философиях. То, что происходит сейчас, — подтверждение, продолжение и обновление древней мудрости [61,8]. **

Роберт ОППЕНГЕЙМЕР

* Здесь и далее первая цифра в квадратных скобках обозначает номер цитируемого источника из списка литературы, помещенного в конце книги, вторая — страницу из того же источника.

"Мы можем найти параллель урокам теории атома в эпистемологических проблемах, с которыми уже сталкивались такие мыслители, как Лао-цзы и Будда, пытаясь осмыслить нашу роль в грандиозном спектакле бытия — роль зрителей и участников одновременно" [6, 20].

Нильс БОР

"Значительный вклад японских ученых в теоретическую физику, сделанный или после Второй мировой войны, может свидетельствовать о некоем сходстве между философией Дальнего Востока и философским содержанием квантовой теории" [34. 202].

Вернер ГЕЙЗЕНБЕРГ

Задача автора данной книги — исследование взаимосвязей между понятиями современной физики и основными идеями философских и религиозных традиций

Дальнего Востока. Мы увидим, как два краеугольных камня физики двадцатого века — квантовая теория и теория относительности — лежат в основании мировоззрения, очень похожего на мировоззрение индуиста, буддиста или даоса, и как это сходство усиливается в том случае, если мы обращаемся к недавним попыткам объединить две эти теории в целях описания явлений микроскопического мира: свойств и взаимодействий элементарных частиц, из которых состоит вся материя. Здесь параллели между современной физикой и восточным мистицизмом наиболее заметны, и часто нам придется слышать такие заявления, относительно которых практически невозможно сказать, кем они сделаны: физиками или восточными мистиками.

Когда я говорю о "восточном мистицизме", я имею в виду религиозные философии индуизма, буддизма и даосизма. Хотя все они состоят из множества тесно переплетающихся духовных учений и направлений философского мышления, основные черты их мировоззрения схожи. Это мировоззрение можно встретить не только на Востоке, но, до известной степени, и во всех мистически ориентированных философских системах. Таким образом, основную мысль этой книги можно, в более общих выражениях, описать так: современная физика предлагает нам тип мировосприятия, значительно

напоминающий мистическое мировосприятие всех времен и традиций. Мистические течения присутствуют во всех религиях, и многие школы западной философии содержат элементы мистицизма. Мы увидим сходство с положениями современной физики не только в индуистских Ведах, в "И Цзин" или в буддийских сутрах, но и во фрагментах Гераклита, в суфизме ибн-Араби или в учении дона Хуана — мага из племени яки. Разница между мистицизмом Запада и Востока заключается в том, что на Западе мистические школы всегда играли побочную роль, в то время как на Востоке они были основой большинства религиозных и философских систем. Поэтому я собираюсь, в целях ясности, говорить о "восточном мировоззрении" и лишь изредка упоминать другие источники мистического мышления.

Если сегодня физика преподносит нам мировоззрение, мистическое по своему содержанию, то она, некоторым образом, возвращается к своим собственным истокам. Интересно проследить эволюцию развития западной науки, начинающуюся от мистической философии ранних греков, которая, избрав путь рационализма, в итоге значительно отдалила нас от своих мистических истоков и привела к возникновению мировоззрения, находящегося в остром противоречии с мировоззрением народа Дальнего Востока. На самых последних стадиях своего развития западная наука, в конечном итоге, преодолевает границы своего же мировоззрения и возвращается к взглядам восточных и ранних греческих философов. Однако на этот раз она исходит не только из интуиции, но и из результатов в высшей степени точных и сложных экспериментов и из строгого и последовательного математического обоснования.

Корни физики, как и всей западной науки в целом, следует искать в начальном периоде греческой философии в шестом веке до н. э. — в культуре, не делавших различий между наукой, философией и религией. Мудрецов Милетской школы в Ионии не интересовали такие разграничения. Они стремились постичь истинную природу, или истинное устройство, вещей, которую они именовали "физис". Именно от этого греческого слова происходит термин "физика", первоначальное значение которого, таким образом, — стремление постичь истинное устройство вещей.

Безусловно, такова же цель всех мистиков, и поэтому философия Милетской школы имеет сильную мистическую окраску. Поздние греки называли философов Милетской школы "гилозоистами", или "признающими материю живой", поскольку последние не видели различий между одушевленным и неодушевленным, между материей и духом. Они даже не употребляли особого слова для обозначения понятия "материя", воспринимая все формы существования как проявления "физиса", наделенные жизнью и духовностью. Так, Фалес заявлял, что все вещи наполнены божествами, а Анаксимандр рассматривал Вселенную как некий организм, наделенный, подобно человеческому организму, дышащему воздухом, космическим дыханием — "пневмой".

Монистические и органические взгляды философов Милетской школы были очень близки ко взглядам древних индийских и китайских философов, а в философии Гераклита из Эфеса подобные параллели еще более очевидны. Гераклит верил в постоянно изменяющийся мир, в вечное становление. Для него иллюзорным было все неподвижное сущее; первовеществом природы, согласно его утверждению, является огонь — символ непрерывной изменчивости и текучести всех вещей. Гераклит учил, что все изменения в мире происходят в результате активных циклических взаимодействий различных пар противоположностей, и рассматривал каждую такую пару как единое целое. Единство, содержащее противоположности, но стоящее над ними, он называл логосом.

Разрыв этого единства впервые произошел в школе элеатов, которые признавали существование некоего Божественного Принципа, стоящего над всеми богами и людьми. Этот Принцип первоначально отождествлялся с единством Вселенной, а потом — с разумным персонифицированным Божеством, стоящим над миром и управляющим последним. Так возникло то направление в философии, которое, в конце концов, отделило материю от духа и породило дуализм, столь характерный для западной философии. Решительный шаг в этом направлении сделал Парменид из Элеи, взгляды которого были абсолютно противоположны взглядам Гераклита. Он называл свой основной принцип — Бытие, и считал, что он уникален и неизменяем. Он был уверен в том, что изменения невозможны, и относил видимые изменения за счет иллюзорности наших чувств. Эта философия породила понятие неразрешимого вещества — носителя изменяющихся свойств, ставшее одним из основных понятий западной философии.

В пятом веке до н. э. греческие мыслители попытались примирить теории Парменида и Гераклита. Для того, чтобы сгладить различия между идеями неизменяемого Бытия (Парменид) и вечного становления (Гераклит), они выдвинули тезис о том, что Бытие проявляется в определенных неизменных субстанциях, которые, соединяясь и расходясь, порождают все изменения в этом мире. Это привело к возникновению понятия атома, описанного в трудах Левкиппа и Демокрита, — мельчайшей неделимой единицы материи. Греческие атомисты провели четкую разграничительную линию между духом и материей, считая, что материя состоит из некоторого количества "основополагающих строительных кирпичиков" — абсолютно пассивных и, по сути своей, неживых частиц, движущихся в пустоте. Причина их движения не объяснялась, но обычно ассоциировалась со внешними силами, которые, как считалось, носили идеальный, или духовный, характер, не имея ничего общего с материей.

По мере того, как укоренялась идея о разделении духа и материи, философы стали все больше интересоваться скорее духовным, чем материальным миром, человеческой душой и проблемами этики. Эти вопросы занимали западных мыслителей более двух тысяч лет с начала расцвета греческой науки и культуры в пятом-шестом веках до н. э, Научные представления древних были систематизированы Аристотелем, который создал модель Вселенной, использовавшуюся западной наукой на протяжении двух тысяч лет. Однако сам Аристотель считал, что изучение человеческой души и созерцание величия Бога гораздо важнее изучения материального мира. Именно недостаточный

интерес к материальному миру и нерушимое господство христианства обусловили тот факт, что аристотелевская модель Вселенной так долго не оспаривалась.

Развитие науки на Западе возобновилось в эпоху Возрождения, когда влияние Аристотеля и церкви стало ослабевать, и вновь возник интерес к природе. В конце пятнадцатого века впервые началось истинно научное изучение природы путем экспериментальной проверки умозрительных гипотез. Сочетаясь с ростом интереса к математике, это привело к формулированию математическим языком истинно научных теорий, основанных на экспериментальных данных. Отцом современной науки является Галилей, впервые объединивший математику и эксперимент.

Рождению современной науки предшествовало имевшее место в семнадцатом веке признание полного разграничения материи и духа благодаря трудам Рене Декарта, в основе мировоззрения которого лежало фундаментальное разделение природы на две независимые области — область сознания и область материи. В результате "картезианского" разделения ученые смогли рассматривать материю как нечто неживое и полностью отдельное от них самих, а материальный мир — как огромный, сложный агрегат, состоящий из множества различных частей. Такое механистическое воззрение было воспринято и Исааком Ньютоном, который построил на его основе свою механику, ставшую фундаментом классической физики. Со второй половины семнадцатого и до конца девятнадцатого веков ньютоновская модель Вселенной была наиболее влиятельной.

В идеальном мире ей соответствовал Бог-монарх, управлявший миром при помощи своих божественных законов. Ученые видели в природных закономерностях божественные законы — неизменные, раз и навсегда данные.

Философия Декарта была важна не только для развития классической физики, но также оказала огромное влияние на весь западный образ мышления вплоть до сегодняшнего дня. В соответствии со знаменитым высказыванием Декарта: "Мыслю, следовательно — существую" — западный человек отождествляет себя со своим разумом, а не со всем организмом, воспринимает себя как некое "эго", существующее "внутри" тела. Перед разумом, отделенным от тела. поставили невыполнимую задачу — контролировать функции последнего, что неизбежно приводит к конфликту между сознательной волей и непроизвольными инстинктами. Каждую человеческую личность можно было разделить на бесчисленное количество составляющих, в зависимости от ее сферы деятельности, способностей, эмоций, верований и т. д, которые находились в беспрестанных противоречиях, порождающих постоянное метафизическое смятение и фрустрацию.

Эта внутренняя раздробленность отражает наш взгляд на "внешний" мир, который мы воспринимаем как множество отдельных вещей и событий. К природной среде относятся так, как если бы она состояла из независимых частей, используемых группами людей с различными интересами. Раздробленность распространяется и на общество, которое мы делим на нации, расы, религиозные и политические группировки. Уверенность в том, что все эти осколки — в нас самих, в нашей окружающей среде и в обществе — действительно не связаны между собой, можно рассматривать как основную причину целого ряда социальных, экологических и культурных кризисов современности. Она настраивает нас против природы и других людей. Она порождает в высшей степени несправедливое распределение природных богатств, повинное в возникновении экономических и политических беспорядков; непрерывный рост как спонтанного, так и узаконенного насилия и загрязнение окружающей среды, жизнь в которой становится зачастую пагубной и физически, и духовно.

Картезианское разделение и механистическое мировоззрение были благотворны для развития классической механики и техники, но во многом отрицательно воздействовали на нашу цивилизацию. Удивительно видеть, как наука двадцатого века, появившаяся на свет в момент картезианского разделения, преодолевает его ограниченность и возвращается к идее единства, высказывавшейся древними философами Греции и Востока.

В отличие от западных механических воззрений, восточные мистики смотрят на все чувственно воспринимаемые предметы и явления как на различные взаимосвязанные аспекты единой высшей реальности. Наше стремление разделить мир на отдельные самостоятельные вещи и ощутить изолированность своего "эго" буддисты могли бы рассматривать как иллюзию, порожденную нашим оценивающим анализирующим сознанием, и обозначить при помощи термина "АВИДЬЯ" (невежество), употребляемого по отношению к беспокойному состоянию сознания, которое следует преодолеть: "Когда сознание беспокойно, продолжается множественность вещей; но когда сознание обретает покой, множественность исчезает" [2,78].

Хотя школы восточного мистицизма отличаются в деталях, все они подчеркивают принципиальную целостность Вселенной, и именно это утверждение является основой механических учений. Высочайшая цель их (индуистов, буддистов, даосов) — осознание единства и взаимосвязи всех вещей, преодоления ощущения своей изолированной индивидуальности и слияние с высшей реальностью. Достижение этой цели — "Пробуждение" — заслуга не одного только рассудка, это переживание, религиозное по своей сущности, вовлекает всего человека. Поэтому большинство восточных философских систем религиозны.

Таким образом, согласно восточным представлениям, разделение природы на отдельные предметы не является изначальным, и все предметы обладают текучим и изменчивым характером. Поэтому восточному мировоззрению, включающему в качестве основных категорий понятия времени и перемены, внутренне присущ динамизм. При таком

подходе космос — это единая нерасчлененная, вовлеченная в бесконечное движение реальность, живая и органическая, идеальная и материальная одновременно.

Поскольку основными свойствами вещей являются подвижность и изменчивость, то обуславливающие движение силы берут начало не вне предметов, как полагали представители классической греческой философии а внутри самой материи Соответственно, Божественное, для восточного мистика, воплощается не в образе владыки, управляющего миром из заоблачной выси а в некоем принципе, управляющем изнутри:

"Тот, кто, присутствуя во всех вещах,
Тем не менее, отличен от этих вещей;
Тот, кого не знает ни одна вещь;
Тот, кто телом своим все вещи объемлет;
Кто управляет всеми вещами изнутри —
Он — твоя Душа, Внутренний Господин,
Бессмертный".

"Брихадараньяка-упанишада", 3,7,15.

Последующие главы покажут, что мировоззрение восточных мистиков в основных и принципиальных своих чертах совпадает с мировоззрением современной физики. В них я хотел бы показать, что восточная — и вообще вся мистическая — философия может быть последовательным и необходимым обоснованием для современных научных теорий, может создать концепцию мироздания, в которой научные открытия будут прекрасно уживаться с духовными целями и религиозными верованиями. Две основные части этой концепции — единство и взаимосвязь всех явлений и, изначально, динамическая природа Вселенной. Чем глубже мы проникаем в субмикромир, тем больше мы убеждаемся в том, что современный физик, как и восточный мистик, должен рассматривать мир как систему, состоящую из неделимых, взаимодействующих и пребывающих в непрестанном движении компонентов, причем неотъемлемой частью этой системы является и сам наблюдатель.

Нет никакого сомнения в том, что именно это органическое, "экологическое" мировоззрение восточных философий обеспечило им невероятную популярность на Западе, особенно в сердцах молодежи. Растущее количество людей, принадлежащих к западной культуре, видит причину увеличивающегося недовольства людей западным обществом в том, что доминирующее положение в западной культуре до сих пор занимает механическое, раздробленное мировоззрение, и многие обращаются к восточным методам достижения освобождения. Интересно, и, возможно, не очень удивительно, что те, кого привлекает восточный мистицизм, кто заглядывает в "И цзин" и занимается йогой или другой формой медитации, как правило, испытывают заметное недоверие к научному знанию. Они склонны видеть в науке, и, в особенности, в физике, ущербную и скучную дисциплину, ответственную за все грехи современной технологии.

Цель этой книги — облагородить облик науки, показав, что между духом восточной философии и духом западной науки существует глубокая гармония. Я стремился показать читателю, что значимость современной физики простирается далеко за пределы технологии, и что Путь — или Дао — физики может быть "путем с сердцем" и вести к духовности и самореализации.

Глава 2.
ЗНАТЬ И ВИДЕТЬ

От нереального веди меня к реальности!
От мрака веди меня к свету!
От смерти веди меня к бессмертию!
"Брихадараньяка-упанишада"

Прежде чем рассматривать параллели между современной физикой и восточным мистицизмом, следует решить, можно ли вообще сравнивать тем или иным образом точную науку, выражающую свои положения языком современной математики — языком в высшей степени сложным, — и духовные учения, основывающиеся, прежде всего, на медитации и настаивающие на том: приобретаемые таким образом прозрения нельзя выразить словами.

Мы хотим сравнить высказывания ученых и восточных мистиков по тем критериям, как они познают мир. Для того, чтобы подвести надлежащую основу под это сравнение, мы должны, прежде всего, задать себе такой вопрос: о каком типе "знания" мы говорим: понимает ли буддист из Ангкор Ват или из Киото под "знанием" то же, что физик из Беркли или Оксфорда? И, во-вторых, какого рода высказывания мы хотим сравнить? Что мы выберем из экспериментальных данных, уравнений и теорий, с одной стороны, и из священных писаний, древних мифов и философских сочинений — с другой? Задача данной главы — разъяснить эти два момента: сущность подразумеваемого знания и язык, которым выражается это знание.

На протяжении истории человечества неоднократно признавалось, что человеческий ум располагает двумя способами познания, двумя типами сознания, которые часто обозначались как рациональный и интуитивный, и традиционно ассоциировались с наукой и религией. На Западе интуитивный, религиозный тип познания нередко считался менее ценным, чем рациональный, научный тип познания, в то время как на Востоке было распространено противоположное мнение. Следующие заявления двух великих мыслителей Запада и Востока по поводу познания выражают два типичных подхода. В Греции Сократ произнес: "Я знаю, что я ничего не знаю". В Китае прозвучали слова Лао-цзы: "Лучшее знание — это незнание о том, что ты что-то знаешь".

На Востоке оценка типа знания часто явствует из его обозначения. Так, Упанишады говорят о высшем и низшем знании, причем первое включает разнообразные науки, а второе — религиозное прозрение. Буддисты говорят об "относительном" и "абсолютном" знании, или об "условной истине" и "необусловленной истине". Китайская философия, напротив, всегда подчеркивала взаимодополнительность интуитивного и рационального и видела в них пару архетипов — ИНЬ и ЯН, лежащих в основе китайской философии. Соответственно, в древнем Китае возникли две взаимодополняющие философские традиции — даосская и конфуцианская, которые использовали два различных способа познания.

Рациональное знание мы приобретаем в процессе повседневного взаимодействия с различными предметами и явлениями нашего окружения. Оно относится к области интеллекта, функции которого — различать, разделять, сравнивать, измерять и распределять по категориям. Так возникает мир интеллектуальных разграничений, мир противоположностей, не существующих друг без друга; поэтому буддисты называют этот тип "относительным".

Уязвимое место данного подхода — абстрагирование, поскольку для того, чтобы сравнивать и классифицировать огромное количество различных форм, структур и явлений, мы не можем использовать все их характеристики, и должны выбрать несколько наиболее важных. Таким образом, мы создаем интеллектуальную карту действительности, на которой обозначаются лишь общие очертания вещей. Но рациональное знание — это система абстрактных понятий и символов, характеризующаяся линейной, последовательной структурой, типичной для мышления и речи. В большинстве языков эта линейность проявляется в использовании алфавитов, позволяющих передавать сведения и мысли при помощи данных цепочек букв.

Однако мир вокруг нас полон разнообразия и отклонений от норм. В нем нет абсолютно прямых линий и правильных форм, явления происходят не одно за другим, а одновременно, и даже пустое пространство, по свидетельству современной физики, искривлено. Понятно, что при помощи системы абстрактных понятий полностью такой мир описать нельзя, также, как нельзя покрыть сферическую поверхность Земли плоскими картами. Мы можем надеяться лишь на приблизительное представление о реальности, и поэтому рациональное познание изначально ограничено в своих возможностях. Рациональное познание, прежде всего, свойственно науке, которая измеряет, оценивает, классифицирует и анализирует. Современные ученые, и особенно физики, уже сознают ограниченность всех знаний, приобретенных при помощи этих методов. Современная физика заставила ученых понять, что, говоря словами Вернера Гейзенберга, "каждое слово или понятие, каким бы понятным оно ни казалось, может найти лишь ограниченное применение" [34, 125].

Для большинства из нас слишком сложно постоянно помнить об ограничениях и относительности понятийного мышления. Поскольку проще иметь дело с нашими представлениями о реальности, чем с самой реальностью, мы, как правило, смешиваем одно с другим и принимаем свои символы и понятия за реальность. Одна из основных целей, которую ставят перед собой мистические учения Востока, — освободить нас от смешения двух разных вещей. Дзэн-

буддисты говорят, что для того, чтобы указать на Луну, нужен палец, но если мы уже знаем, что это Луна, то его функция выполнена; даосский мудрец Чжуан-цзы писал:

> *“Для ловли рыбы нужны верши; но вот рыба поймана, и люди забывают о вершах; для ловли зайцев нужны капканы; но зайцы пойманы. и люди забывают о капканах. Для передачи идей нужны слова; но постигнув идеи, люди забывают о словах" [17, гл. 26].*

На Западе семантик Альфред Корзыбский высказал практически то же самое положение: "Карта не есть местность".

Восточные мистики стремятся к непосредственному восприятию действительности, превосходящему как рациональное, так и чувственное познание. Обратимся за подтверждением к Упанишадам:

"Что беззвучно, неуничтожимо, не имеет формы, к чему нельзя прикоснуться, Что не имеет ни вкуса, ни запаха, что неизменно,
Без начала, без конца, выше, чем великое, устойчивое —
Постигнув Это, освободишься из пасти смерти".
"Катха Упанишада", 3,15

Буддисты называют такое знание "абсолютным", поскольку оно не опирается на разграничения, абстракции и классификации интеллекта, которые, как мы видели, всегда условны и приблизительны. Оно является, как учат нас буддисты, непосредственным восприятием недифференцированной, неделимой и неопределимой "таковости". Абсолютное постижение этой таковости не только лежит в основе восточного мистицизма, но также является основной характеристикой всех мистических переживаний.

Восточные мистики постоянно настаивают на том факте, что высшая реальность не может быть объектом рефлексии или передаваемого знания. Она не может быть адекватно описана словами, поскольку лежит вне области чувств и интеллекта, из которой происходят наши слова и понятия. Упанишады говорят об этом так:

"Туда не проникает ни взгляд,
Ни речь, ни ум.
Мы не знаем, мы не понимаем.
Так как же можно обучить этому?".

"Кена Упанишада", 3

Лао-цзы, называющий эту реальность Дао, утверждает то же самое в первой строке "Дао-дэ цзин"; "Дао, которое может быть выражено, не есть вечное Дао". Этот факт, очевидно явствующий при любом прочтении газеты, заключается в том, что человечество не стало мудрее за прошедшие две тысячи лет, несмотря на гигантский рост рационального знания. Он служит достаточным свидетельством невозможности передачи абсолютного знания словами. Как сказал Чжуан-цзы, "если бы об этом можно было говорить, каждый рассказал бы об этом своему брату" [60, 85].

Таким образом, абсолютное знание — полностью неинтеллектуальное восприятие реальности; опыт, возникающий в необычном состоянии сознания, которое можно назвать "медитативным" или мистическим. Существование такого состояния было проверено не только многочисленными мистиками на Западе и Востоке, но и при помощи психологических исследований. По словам Вильяма Джемса,

> *"Наше обычное бодрствующее сознание — рациональное сознание, как мы его называем, — всего лишь один из особых типов сознания, в то время как вокруг него, отделенные тончайшими границами, располагаются абсолютно непохожие на него потенциальные формы сознания" [39, 388].*

Хотя физики, в основном, интересуются познанием рациональным, а мистики — интуитивным, и тем, и другим приходится иметь дело с обоими типами познания. Это становится очевидным, когда мы рассматриваем способы достижения и выражения знания, к которым прибегают и физики, и восточные мистики.

В физике познание представляет собой трехступенчатый процесс научного исследования. Первый этап характеризуется способом экспериментальных данных о тех явлениях, которые подлежат объяснению. На втором этапе экспериментальные данные соотносятся с математическими символами, и вырабатывается математическая модель, которая недвусмысленным и последовательным образом сопоставляет все эти символы. Математическая модель является, если говорить более простым языком, теорией. В дальнейшем эта теория используется для предсказывания результатов будущих экспериментов, которые проводятся для проверки всех следствий теории. На этом этапе удовлетворение физикам может принести математическая модель и ее использование для предсказывания результатов экспериментов. Но несомненно, что рано или поздно физики захотят сообщить о своих достижениях нефизикам, и этот рассказ придется вести обычным языком. Это значит, что для интерпретации математической схемы понадобится языковая модель. И даже для самих физиков создание такой вербальной модели, представляющей собой третий этап исследования, будет служить критерием для оценки достигнутого ими понимания.

Конечно, на практике эти три этапа разделены не полностью, и не всегда сменяют друг друга в такой последовательности, Например, физик может построить модель, руководствуясь своей философской концепцией, которой он будет придерживаться даже в том случае, если результаты экспериментов опровергнут ее. Тогда — как это действительно часто происходит — он постарается изменить модель таким образом, чтобы она не противоречила полученным данным. Но если эксперименты продолжают свидетельствовать не в пользу модели, он будет вынужден от нее отказаться.

Прочное экспериментальное обоснование всех теорий именуется научным методом и, как мы увидим, имеет определенное соответствие и в восточной философии. Греческая мифология, напротив, занимала совершенно иную позицию по этому вопросу. Хотя греческие философы выдвигали чрезвычайно точные предположения относительно устройства природы, которые часто оказывались близки к современным научным моделям, эмпирический подход современной науки был совершенно чужд для греческого мышления. Греки строили свои модели дедуктивно, на основе какой-либо фундаментальной аксиомы или принципа, а не индуктивно, на основе данных наблюдения. С другой стороны, греческое искусство логического мышления и дедукции, безусловно, является неотъемлемым слагаемым второго этапа при формулировании последовательной математической модели, а следовательно, и существенной составной частью науки.

Научное исследование, безусловно, в первую очередь, состоит из рационального знания и рациональной рефлексии, но не сводится к этому. Бесполезной была бы рациональная часть исследования, если бы за ней не стояла интуиция, которая одаривает ученых новыми открытиями и таит в себе их творческую силу. Озарения обычно приходят неожиданно и, что характерно, не в минуты напряженной работы за письменным столом, а во время загородной прогулки, на пляже или под душем. Когда напряженная умственная работа сменяется периодами релаксации, интуиция словно берет верх, и порождает кристально ясные откровения, привносящие в процесс научного исследования неповторимое удовольствие и наслаждение.

Однако физика не может использовать интуитивные прозрения, если их нельзя сформулировать последовательным математическим языком и дополнить описанием на обычном языке. Основная черта математического описания — абстрактность. Оно является, как говорилось выше, системой понятий и символов, представляющей собой карту реальности. На этой карте запечатлены лишь некоторые черты реальности; мы не знаем, какие именно, поскольку мы начали составление своей карты в детстве без критического анализа. Поэтому слова нашего языка не имеют четких определений. У них несколько значений, большая часть которых смутно осознается нами и остается в подсознании, когда мы слышим слово.

Неточность и двусмысленность нашего языка на руку поэтам, которые, главным образом, используют его подсознательные пласты и ассоциации. Наука, напротив, стремится к четким определениям и недвусмысленным сопоставлениям, еще более абстрагируя язык и ужесточая, согласно правилам логики, его структуру. Максимальная абстракция царит в математике, в которой вместо слов используются символы, а операции сопоставления символов строго ограничены. Благодаря этому ученые способны вместить информацию, для передачи которой понадобилось бы несколько страниц обычного текста, в одно уравнение, то есть в одну цепочку символов.

Представление о математике всего лишь как о предельно абстрактном и сжатом языке имеет альтернативу. Многие математики в самом деле верят, что математика — не просто язык для описания природы, но внутренне присуща самой природе. Впервые такое утверждение было сделано Пифагором, который заявил: "Все вещи суть числа", — и создал довольно специфическую разновидность математического мистицизма. Так, пифагорейская философия ввела логическое мышление в область религии, что, согласно Бертрану Расселу, определило характер западной религиозной философии:

> *"Объединение математики и теологии, осуществленное Пифагором, характеризовало религиозную философию в Греции, в средневековье и в новое время вплоть до Канта... В трудах Платона, Святого Августина, Фомы Аквинского, Спинозы и Лейбница присутствует внутреннее сочетание религии и рассудочности, морального вдохновения и логического восхищения тем, что лежит вне времени, что берет начало у Пифагора и отличает интеллектуализированную теологию Европы от более прямолинейного мистицизма Азии" [65, 37].*

Безусловно, "более прямолинейный мистицизм Азии" не разделил бы пифагорейских воззрений на математику. На Востоке математика, со своей строгой дифференцированной и четко определенной структурой, рассматривается как часть нашей понятийной карты, а не как свойство самой действительности. Действительность, как воспринимает ее мистик, не может быть определена и дифференцирована.

Научный метод абстрагирования очень продуктивен и полезен, но за его использование нужно платить. По мере того, как мы все точнее определяем нашу систему понятий и делаем все более строгими правила сопоставлений, она все больше отдаляется от реального мира. Вновь используя аналогию, предложенную Корзыбским, между картой и местностью, мы можем сказать, что обычный язык — это карта, которая, в силу присущей ей неточности, способна, до некоторой степени, повторять очертания сферической неровности Земли. По мере того, как мы исправляем ее, гибкость постепенно исчезает, и в математическом языке мы сталкиваемся с крайним проявлением ситуации — слишком слабые

узы связывают ее с реальностью, отношение символов к нашему чувственному восприятию перестает быть очевидным. Вот почему нам приходится пояснять словами свои модели и теории, вновь прибегая к понятиям, которые можно воспринимать интуитивно, понятиям, в некоторой степени, двусмысленным и неточным.

Важно понимать разницу между математическими моделями и их словесными описаниями. В плане внутренней структуры первые строги и последовательны, но их символы не связаны с нашим восприятием непосредственно. С другой стороны, словесные модели используют символы, которые могут восприниматься интуитивно, но всегда неточны и двусмысленны. В этом отношении они не отличаются от философских моделей действительности и могут быть сопоставлены с ними.

Если в науке есть элемент интуиции, то и в восточном мистицизме есть рациональный элемент. Разные школы, впрочем, уделяют разное внимание рассудку и логике. Например, Веданта — одна из школ индуизма, или буддийская школа Мадхьямика — школы в высшей степени интеллектуальные, в то время как даосы всегда испытывали недоверие к рассудку и логике. Выросший на почве буддизма, но подвергшийся сильному влиянию даосизма, дзэн считает достоинством "отсутствие слов, отсутствие объяснений, отсутствие наставлений и отсутствие знания" в своем учении. Его последователи сосредоточены единственно на переживании просветления, и испытывают лишь косвенный интерес к истолкованию этого переживания. Знаменитое дзэнское изречение гласит: "В тот момент, когда ты заговариваешь о чем-то, ты не достигаешь цели".

Хотя остальные школы восточного мистицизма не столь категоричны, в их основе лежит непосредственный мистический опыт. Даже мистики, занятые сложнейшими и изысканными спорами, не рассматривают интеллект как источник своего знания, используя его лишь для анализа и толкования своего личного мистического опыта. Благодаря тому, что этот опыт служит основой всех знаний, восточные традиции характеризуются сильной эмпирической ориентацией, которая всегда подчеркивается их сторонниками. Например, Д. Т. Судзуки пишет о буддизме:

> *"Личный опыт — основа буддийской философии. В этом отношении буддизм представляет собой радикальный эмпиризм или экспериментализм, каким бы диалектическим не было рассмотрение значения достигнутого просветления" [73,237].*

Джозеф Нидэм неоднократно подчеркивает важность эмпирического подхода даосов в своей работе "Наука и цивилизация в Китае" и утверждает, что именно это отношение к личному опыту сделало даосизм основой развития китайской науки и техники. Ранние даосские философы, согласно Нидэму, "удалялись в глушь, в леса и горы, чтобы медитировать о Порядке Природы и наблюдать ее несметные проявления" [60, 33]. Тот же дух отражается в дзэнских строфах:

> *"Тот, кто хочет постичь значение природы Будды,*
> *Должен наблюдать за соотношениями*
> *Времен года, причин и следствий" [57, 103].*

Есть какое-то сходство в том, что в восточном мистицизме и в физике знание основывается на опыте — личном или научном. Содержание мистического опыта еще больше укрепляет это сходство. Восточные традиции описывают его как непосредственное прозрение, лежащее вне области интеллекта и достигающееся скорее при помощи созерцания, чем размышлений, при помощи взгляда, направленного вовнутрь.

Такое представление о созерцании воплощено в даосском названии храмов — "гуань", которое первоначально означало "смотреть". Даосы, следовательно, рассматривали свои храмы как места для созерцания. В чань-буддизме, китайском варианте дзэн, просветление часто называется "созерцанием Дао", а видение расценивается во всех буддийских школах как основа знания. Первый шаг Восьмеричного Пути, идти которым к самореализации рекомендовал Будда — правильное видение, за которым следует правильное знание. Д. Т. Судзуки пишет по этому поводу:

> *"Важнейшее место в буддийской эпистемологии занимает видение, поскольку видение — основа знания. Знание невозможно без видения; все знание берет свое начало в видении. Таким образом, в учении Будды знание и видение тесно связаны. Поэтому буддийская философия категорически предписывает видеть реальность такой, какова она есть. Созерцание есть переживание просветления" [72, 285].*

Этот отрывок напоминает мне о Доне Хуане, маге из племени яки, который говорит: "Мое пристрастие — видеть... поскольку только посредством видения может человек знания приобретать знание" [10, 20].

Здесь, возможно, следует сделать одно предостережение. Не следует слишком буквально воспринимать наши слова о первостепенном значении видения в мистических традициях, они имеют метафорический смысл, поскольку мистическое восприятие реальности не относится к миру чувственного восприятия. Когда восточные мистики говорят о "видении", они имеют в виду состояние сознания, которое может включать зрительное восприятие, но никогда к нему не сводится, являясь не чувственным восприятием реальности. То, что они хотят подчеркнуть, упоминая о созерцании, видении или наблюдении, — эмпирический характер своего знания. Эмпирический подход восточной философии

напоминает нам о важном значении наблюдения в науке и предполагает возможность их сравнения на этом основании. Стадия экспериментов в научном исследовании, очевидно, соответствует непосредственному прозрению восточного мистика, а научные модели и теории — различным способам интерпретации последнего.

Параллель между научными экспериментами и мистическими переживаниями может показаться удивительной, поскольку два этих процесса наблюдения имеют совершенно различную сущность. Физики проводят эксперименты, невозможные без согласованной работы группы специалистов и использования в высшей степени совершенного оборудования, в то время как мистики постигают свои истины путем интроспекции в уединенной медитации, и им ни к чему приборы. Далее, научные эксперименты, очевидно, может когда угодно повторить каждый, однако мистические откровения, видимо доступны лишь немногим, и то лишь при особых обстоятельствах. Однако под более пристальным взглядом два типа наблюдения обнаруживают различия лишь в области подхода, но не в области сложности или надежности.

Каждый, кто хочет повторить эксперимент из репертуара современной субатомной физики, должен пройти многолетнюю подготовку. Только при этом условии его эксперимент поставит перед природой интересующий его вопрос, а он сможет расшифровать ее ответ. Равным образом, для достижения глубокого мистического откровения необходимы долгие годы занятий под руководством опытного мастера, и, как и при подготовке ученых, одно лишь затраченное время не гарантирует успеха. Однако если ученик добился успеха, он сможет "повторить эксперимент". По сути дела, никакое мистическое обучение не сможет продвигаться без повторяющихся откровений; эта повторяемость — основная цель духовного наставничества мистиков.

По этой причине мистическое откровение не является вещью более уникальной, чем современный физический эксперимент. С другой стороны, они не являются и менее сложными, хотя эта сложность — совсем другого рода. Сложность и эффективность технического оборудования физика уравнивается, если не превосходится, сложностью и эффективностью мистика — как в физическом, так и в умственном отношении — погруженного в глубокую медитацию. Получается, что и физики, и мистики выработали в высшей степени утонченные методы наблюдения природы, недоступные непосвященным. Страница из журнала по современной экспериментальной физике покажется несведущему столь же таинственной, как и тибетская мандала. И та, и другая содержат записи о попытке проникновения в тайны природы.

Хотя глубокие мистические прозрения, как правило, не происходят без длительной подготовки, всем нам в повседневной жизни приходилось иметь дело с непосредственным интуитивным постижением. Всем нам знакома ситуация, при которой мы забываем имя человека или название места, или еще какое-то слово, и не можем вспомнить его, несмотря на полное сосредоточение. Оно "вертится у нас на языке", но не соскочит с него до тех пор, пока мы не сдадимся и не начнем думать о ком-то или о чем-то еще, и вот внезапно, молниеносно мы вспоминаем это имя или слово. Мышление безмолвствует при этом. Это явление носит характер непосредственного интуитивного постижения. Этот пример, в котором мы забываем что-то, особенно уместен для буддизма, придерживающегося взглядов, согласно которым, наша изначальная природа — природа просветленного Будды, и мы всего лишь забыли ее. Последователей дзэн-буддизма просят открыть свое "первоначальное лицо", и во внезапном пробуждении памяти об этом лице для них и заключается просветление.

Другой хорошо известный пример спонтанного интуитивного постижения — шутка. В ту долю секунды, когда мы понимаем шутку, мы переживаем мгновенное "просветление". Хорошо известно, что этот момент должен наступить спонтанно, что он не может быть предварен объяснением шутки, т. е. интеллектуальным анализом. Мы смеемся от души (на что и рассчитана шутка) только в том случае, если нас посещает внезапное интуитивное прозрение смысла шутки. Сходство между духовным прозрением и проникновением в смысл шутки должно быть хорошо знакомо людям, достигшим просветления, поскольку практически все они наделены чувством юмора. Дзэн использует особенно много смешных историй и анекдотов, а в "Дао-дэ цзин" мы можем прочесть: "Если бы над этим не смеялись, оно не было бы Дао" [48, гл. 41].

В нашей повседневной жизни непосредственные интуитивные прозрения сущности вещей обычно крайне непродолжительны. Совсем иначе в мистике Востока, где они растягиваются надолго, и в случае успеха становятся постоянным состоянием сознания. Подготовка сознания к внезапному беспонятийному восприятию реальности — главная цель всех школ восточного мистицизма и многих аспектов восточного образа жизни. Па протяжении долгой культурной истории Индии, Китая и Японии в этих странах появилось множество методик, ритуалов и форм искусства, позволяющих добиться этой цели, — и все они могут быть названы в широком смысле слова медитацией.

Основная цель всех этих методик — нейтрализация мышления и активизация интуитивного сознания. Во многих видах медитации нейтрализация мышления достигается при помощи самоконцентрации на каком-то отдельном объекте — собственном дыхании, мантре или мандале. Другие школы фокусируют внимание на движениях тела, которые следует выполнять спонтанно, без малейшего участия мысли. Таков путь даосской гимнастики тайцзи и индийской йоги. Ритмичные движениях этих школ могут породить то ощущение мира и спокойствия, которое характеризует более статичные формы медитации; это чувство можно непроизвольно испытать при занятиях каким-либо спортом. Для меня, например, любимой формой медитации всегда был лыжный спорт.

Восточное искусство — тоже вид медитации, не столько средство выражения идей художника, сколько способ самореализации путем достижения состояния сознания, в котором главную роль играет не мышление, а интуиция. Индусы учатся музыке, не прибегая к помощи нотной грамоты, прислушиваясь к тому, как звучит мелодия в исполнении учителя; точно так же, движения тайцзи усваиваются не в результате устных наставлений, а при многократном их выполнении вслед за учителем. Японские чайные церемонии состоят из медленных ритуальных движений. Правила китайской каллиграфии требуют свободного, спонтанного движения кисти. Все эти навыки используются на Востоке для развития медитативного состояния сознания.

Многим, в особенности людям умственного труда, такое состояние сознания абсолютно незнакомо. Ученым такое состояние знакомо благодаря исследовательской работе, поскольку каждое открытие берет начало в такой внезапной невербальной вспышке. Однако такие моменты крайне непродолжительны. Они наступают тогда, когда сознание наполнено информацией, понятиями и моделями мыслительных построений. При медитации, напротив, сознание не содержит никаких мыслей и понятий, и поэтому готово функционировать в режиме интуиции на протяжении длительного времени. Лао-цзы имеет в виду именно этот контраст между исследованием и медитацией, когда говорит:

> *"Тот, кто постигает науки, увеличивается с каждым днем: тот, кто постигает Дао, уменьшается с каждым днем" [48, гл. 48].*

Когда рассудок безмолвствует, интуиция делает человека удивительно восприимчивым; информация об окружающем мире достигает нас, минуя фильтры понятий мышления. Говоря словами Чжуан-цзы, "Спокойный ум мудреца — зеркало неба и земли, стекло всех вещей" [17, гл. 13]. Основной характеристикой этого медитативного состояния является ощущение единства с окружающим миром. Сознание находится в таком состоянии, при котором все виды разграничений и преград исчезают, уступая место недифференцированной цельности.

В глубокой медитации сознание совершенно алертно. Помимо нечувственного восприятия реальности, оно впитывает все звуки, образы и другие впечатления об окружающем мире, но не удерживает чувственные образы для того, чтобы анализировать и объяснять их. Они не должны привлекать внимание медитирующего. Такое чуткое состояние подобно состоянию воина, который ожидает нападения в полной готовности, следя за всем происходящим вокруг него, но ни за чем в особенности. Дзэнский наставник Ясутани Роси использует это сравнение, описывая СИКАН-ТАДЗА, дзэнский вид медитации:

> *"СИКАН-ТАДЗА — это особое состояние повышенной воспримчивости, при котором человек не напряжен, не поспешен и ни в коем случае не вял. Таково сознание человека перед лицом смерти. Представьте, что вы участвуете в поединке на мечах, похожем на те, что проходили в древней Японии. Находясь перед противником, вы, не отрываясь, наблюдаете за ним, вы собраны и чувствуете, что готовы к действию. Утрата бдительности на одно мгновение может обернуться гибелью. Вокруг собирается толпа зрителей. Поскольку вы не слепы, вы краем зрения видите их, поскольку вы не глухи, вы слышите их голоса. Но эти чувственные образы ни на минуту не отвлекают ваш ум" [41,53].*

Благодаря сходству между медитацией и состоянием воина, образ воина играет важную роль в духовной и культурной жизни Востока. Действие любимого в Индии памятника религиозной мысли "Бхагавадгита" разворачивается на поле битвы, а в традиционной культуре Китая и Японии боевые искусства занимают далеко не последнее место. В Японии сильное влияние дзэн на самурайскую традицию обусловило появление БУСИДО — "пути воина" — искусства фехтования, в котором внутренняя чуткость бойца достигает высочайшего совершенства. Даосская гимнастика тайцзи, считавшаяся в Китае лучшим боевым искусством, уникальным образом сочетает медленные ритмические "йогические" движения с чуткостью сознания бойца.

Восточный мистицизм основывается на непосредственном постижении реальности, а физика основывается на наблюдении явлений природы путем постановки экспериментов. В обеих областях эти наблюдения или состояния затем получают объяснения или толкование при помощи слов. Поскольку слово — это всегда абстрактная и приблизительная схема действительности, словесные описания результатов научного эксперимента или мистического откровения неизбежно неточны и фрагментарны. Это хорошо сознают и современные физики, и восточные мистики.

В физике толкование результатов эксперимента называется моделью или теорией, в основе всех современных исследований лежит осознание приблизительности любой модели или теории. Об этом говорит афоризм Эйнштейна: "Пока математические законы описывают действительность, они неопределенны, когда они перестают быть неопределенными, они теряют связь с действительностью". Физики знают, что при помощи их аналитических методов и логики нельзя описать сразу все природные явления, поэтому они выделяют определенную группу явлений и пробуют построить модель для ее описания. При этом они оставляют без внимания остальные явления, и поэтому модель не соответствует реальной ситуации полностью. Явления, которые не принимают во внимание, либо столь незначительны, что их рассмотрение не дает ничего существенно нового, либо просто еще не известны в момент создания теории.

Для иллюстрации возьмем ньютоновскую "классическую" механику — одно из наиболее известных физических моделей. Она не принимает в расчет сопротивление воздуха и трение, поскольку они обычно очень малы. Но с этими поправками ньютоновская механика долгое время считалась окончательной теорией для описания всех природных

явлений — до момента открытия явлений электричества и магнетизма, для которых в ньютоновской теории уже не было места. Эти открытия показали, что эта модель несовершенна, и может быть применена по отношению к ограниченному кругу явлений, а именно: к движению твердых тел.

Если мы говорим об изучении ограниченной группы явлений, то это может также выглядеть как исследование не всех их физических свойств, что также делает теорию приблизительной. Этот вариант приблизительности очень трудноуловим, так как мы никогда не можем предсказать заранее, где лежат границы возможного применения теории. Только время может показать это. Так, репутация классической механики была еще более подорвана, когда физика XX века доказала ее существенную ограниченность. Сейчас мы знаем, что ньютоновская модель применима только по отношению к движению объектов, состоящих из большого количества атомов, на скоростях, которые значительно ниже скорости света. Если не выполнено первое условие, следует вместо классической механики использовать квантовую теорию; если не выполнено второе — теорию относительности. Это не означает, что ньютоновская модель неправильна, или что квантовая теория и теория относительности правильны. Все эти модели приблизительны, и могут быть применены лишь к ограниченному кругу явлений. За его пределами они уже не дают удовлетворительного описания природы, и для того, чтобы заменить — или, вернее, расширить — старые модели, посредством изменения характера их приблизительности, нужно создать новые.

Одна из самых трудных и, в то же время, самых важных задач при создании модели — определение ограничений для ее применения. Согласно мнению Джеффри Чу — автора "теории бутстрапа", которую мы в дальнейшем будем подробно разбирать, как только модель или теория начинает работать, следует задать себе такие вопросы: "Почему она работает? Где ограничения для ее применения? В чем именно ее приблизительность?". Чу видит в этих вопросах возможность дальнейшего усовершенствования теории.

Восточные мистики тоже хорошо осведомлены о том, что все словесные описания действительности неточны и неполны. Непосредственное восприятие реальности лежит за пределами мышления и языка, а поскольку именно на таком непосредственном восприятии всегда основывается мистицизм, любое его описание может лишь частично быть правдивым. В физике можно измерить степень приблизительности каждого утверждения, и прогресс заключается в том, что приблизительность постепенно уменьшается в результате новых открытий. Каким же образом, в таком случае, рассматривают проблему вербальной коммуникации восточные традиции?

Прежде всего, мистики, в основном, интересуются восприятием реальности, а не его описанием. Поэтому их, как правило, не интересует анализ такого описания. Если же восточные мистики хотят передать комулибо свое знание, они сталкиваются с ограниченностью возможностей языка. На Востоке существует несколько способов ее преодоления.

Индийский мистицизм, и, в частности, индуизм, облекает свое учение в форму мифов, используя метафоры, символы, поэтические образы, сравнения и аллегории. Логика и здравый смысл не накладывают столь значительных ограничений на язык мифологии. В мифологическом повествовании много возможных в обычной жизни эпизодов, образы предполагают богатые возможности интерпретации, и не могут восприниматься буквально. Поэтому язык мифологии лучше подходит для описания мистического мировоззрения, чем наш повседневный язык. Согласно Ананде Кумарасвами, "миф являет собой максимальное приближение к абсолютной истине, которую нельзя выразить словами" [19,33].

Богатое воображение индийцев породило множество божеств, о подвигах и перерождениях которых повествуют предания, составляющие масштабные эпосы. Индуист, глубоко проникший в суть вещей, знает, что все эти боги порождены человеческим разумом и являются фантастическими образами, олицетворяющими различные стороны действительности. С другой стороны, он понимает, что не для занимательности были введены эти герои, но для того, чтобы донести до людей философские истины, открывающиеся мистикам.

Китайские и японские мистики нашли другой способ решения проблемы несовершенства языка. Вместо того, чтобы пытаться сгладить парадоксальные черты действительности путем использования мифологических символов и образов, они предпочитают подчеркивать их и использовать обычный язык. Так, даосы часто делали парадоксальные заявления, чтобы обнаружить непоследовательность и ограниченность возможностей вербальной коммуникации. Эта методика получила дальнейшее развитие в буддийской традиции Китая и Японии и достигла совершенства в дзэн-буддизме, наставники которого часто передают ученикам свое знание, используя так называемые КОАНЫ — парадоксальные загадки. Между КОАНАМИ и современной физикой существует одно важное сходство, о котором повествует следующая глава.

В Японии существует еще один способ передачи философских воззрений, о котором здесь стоит упомянуть. Он заключается в использовании учнтелями дзэн лаконичных и очень емких по смыслу стихотворений для непосредственного указания на "таковость" действительности. Когда некий монах спросил у Фукэцу Энсё: "Когда недопустимы и речь, и молчание, что следует выбрать?" — учитель ответил:

"Всегда вспоминаю Цзянсу в марте —
Крик куропатки,
Море благоухающих цветов" [79, 183].

Этот вид духовной поэзии достиг своего совершенства в ХАЙКУ, классической японской поэтической форме, состоящий всего лишь из семнадцати слогов, на которую дзэн оказал глубочайшее воздействие. Даже при переводе на другой язык мы можем ощутить глубину мировосприятия авторов ХАЙКУ:

"Листья, падая,
Ложатся один на другой;
Дождевые капли — на дождевые капли" [79, 187].

Каким бы образом ни стремились восточные мистики запечатлеть в словах свое мировоззрение — при помощи мифов, символов, поэтических образов или парадоксальных утверждений, они не забывали об ограниченных возможностях языка и "линейного" мышления. Современная физика выработала точно такое же отношение к словесным моделям Они тоже приблизительны и не могут быть точными, выполняя в физике ту же роль, которую в восточном мистицизме выполняют мифы, символы и поэтические образы, и в этом они похожи. Одни и те же представления о материи будут воплощаться: для мистика — в образе космического танца бога Шивы, а для физика — в определенных аспектах квантово-полевой теории. И танцующее божество, и физическая теория порождены сознанием, и являются моделями для описания определенных интуитивных представлений о мире.

Глава 3.
ЗА ПРЕДЕЛАМИ ЯЗЫКА

“Для того, чтобы рассказать о своих внутренних ощущениях, нам нужны слова, хотя происхождение этих ощущений не имеет никакого отношения к языку. Если Вы никогда не задумывались об этом раньше, это противоречие покажется Вам парадоксальным" [73, 239].

Д. Т. СУДЗУКИ

"Здесь проблемы, связанные с языком, действительно серьезны. Мы хотим как-то рассказать о строении атома... Но мы не можем описать атом при помощи обычного языка" [34, 178].

В. ГЕЙЗЕНБЕРГ

Когда в начале века началось исследование атома, в научной среде уже были широко распространены представления о том, что все научные модели и теории приблизительны, и что их словесные описания всегда страдают от несовершенства нашего языка. В результате открытий в новой области физики были вынуждены признать, что человеческий язык абсолютно не годится для описания атомной и субатомной действительности. Из квантовой теории и теории относительности, которые являются двумя столпами современной физики, следует, что эта действительность не подчиняется законам классической логики. Так, Гейзенберг пишет:

"Сложнее всего говорить обычным языком о квантовой теории. Непонятно, какие слова нужно употреблять вместо соответствующих математических символов. Ясно только одно: понятия обычного языка не подходят для описания строения атома" [34, 177].

Исследования атомной действительности представляют собой наиболее интересное в философском отношении направление современной физики, которое, к тому же, обнаруживает сходство с восточной философией. По утверждению Бертрана Рассела, все, и в том числе религиозные школы западной философии, формулировали философские идеи при помощи логики. На Востоке, напротив, признавалось, что действительность не подчиняется законам языка, и восточные мудрецы не боялись отказаться от логики и привычных понятий. Мне кажется, именно поэтому их философские модели являются для современной физики более подходящим философским обоснованием, чем модели западной философии.

Лингвистические барьеры, стоящие перед восточными мистиками и современными физиками, абсолютно идентичны. В двух отрывках, приведенных ц начале главы, Д. Т. Судзуки говорит о буддизме, а В. Гейзенберг — об атомной физике, но их слова очень похожи. И мистики, и физики хотят рассказать о том, что им открылось, но их высказывания кажутся нам парадоксальными и нелогичными. Эти парадоксы знакомы всем мистикам, от Гераклита до дона Хуана, а с начала этого века — еще и физикам.

Многие парадоксы атомной физики связаны с двойственной природой электромагнитного излучения, и в частности, света. С одной стороны, очевидно, что излучение состоит из волн, поскольку она порождает хорошо известное явление интерференции, связанное с волнами: при наличии двух источников света интенсивность света в какой-то точке может быть равной не только сумме двух излучений, но также больше или меньше ее. Причина — в интерференции волн, исходящих из разных источников: там, где совпадают гребни волн, излучение сильнее; там где гребень приходится на подошву, излучение слабее. Можно определить точную величину интерференции. Электромагнитные излучения всегда интерферируют, обнаруживая, таким образом, свойства волн (см. рис. 1).

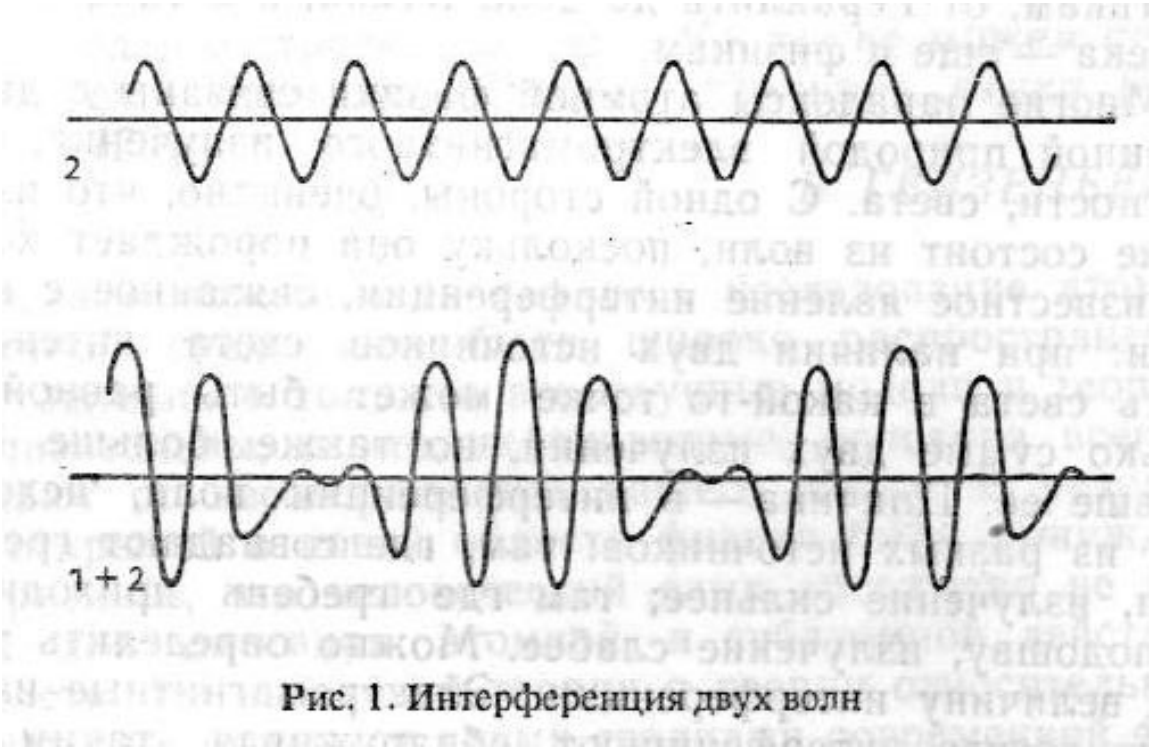


Рис. 1. Интерференция двух волн

С другой стороны, электромагнитное излучение обладает так называемым фотоэлектрическим эффектом: ультрафиолетовый свет способен "выбивать" из поверхностного слоя некоторых металлов электроны и должен, следовательно, состоять из движущихся частиц. Похожая ситуация возникает при проведении эксперимента рассеиванием рентгеновских лучей. Результаты последнего можно толковать как столкновение "частиц света" с электронами. При этом, однако, обнаруживается явление интерференции, характерное для волн.

На ранних этапах развития теории атома физики не могли понять, как электромагнитное излучение может одновременно состоять из частиц очень маленького объема и из волн, способных распространяться на большие расстояния.

Восточному мистицизму присущи несколько способов обращения с парадоксами действительности. В то время, как индуизм скрывает их за цветистой тканью мифа, буддизм и даосизм предпочитают подчеркивать парадоксы, нежели замалчивать их. Основное произведение даосизма "Дао-де цзин", написанное Лао-цзы, кажется очень загадочным и даже непоследовательным. Оно состоит из интригующе парадоксальных утверждений, и его емкий, проникновенный и, в высшей степени, поэтичный язык захватывает внимание читателя, не позволяя ему вернуться на привычные пути логического мышления.

Китайские и японские буддисты, вслед за даосами, научились рассказывать о мистическом опыте путем простой констатации его парадоксальности. Когда дзэнский наставник Дайто увидел императора Годайго, изучавшего дзэн, он сказал:

> *"Мы расстались много тысяч кальп назад, и все же мы не покидали друг друга ни на мгновение. Мы стоим лицом друг к другу весь день, но никогда не встречались" [77, 26].*

Дзэн-буддисты обладают особым умением использовать несовершенство вербальной коммуникации. Система КОАНОВ способна передавать учение их авторов абсолютно невербально. КОАНЫ — это тщательно продуманные парадоксальные задачи, предназначенные для того, чтобы заставить изучающего дзэн осознать ограниченность логики самым драматичным образом. Эти задачи нельзя решить путем размышлений из-за их иррациональной формулировки и парадоксального содержания. Они должны остановить процесс мышления и подготовить ученика к невербальному восприятию реальности. Современный наставник дзэн Ясутани познакомил западного ученика с одним из наиболее известных КОАНОВ следующим образом:

> *"Один из лучших, то есть самых простых, КОАНОВ — МУ. Его происхождение таково: однажды, сотни лет тому назад, в Китае некий монах пришел к Дзёсю — прославленному учителю дзэн и спросил: "Обладает ли собака природой Будды?", на что Дз'сю ответил: "МУ!". Буквально это выражение значит "нет", но не в этом значение слов Дзёсю. "МУ" — это обозначение живой, активной, динамической природы Будды. Нужно постичь сущность этого "МУ" путем поиска ответа в себе, а не в интеллектуальных размышлениях. Затем ты должен подробно и живо продемонстрировать мне, что понимаешь "МУ" как живую истина, не прибегая к помощи концепций, теорий и абстрактных*

рассуждений. Помни, нельзя понять "МУ" умом; его можно постичь только непосредственно всем существом" [41, 135].

Наставник дзэн обычно предлагает новичку или КОАН "МУ", или один из следующих двух:

"Каким было твое первоначальное лицо до твоего рождения?".
"Хлопок — звук от двух ладоней. Каков же звук от одной?".

Все эти КОАНЫ имеют более или менее уникальные решения, приближение к которым опытный учитель может немедленно распознать в поведении ученика. Как только ответ найден, КОАН тут же перестает быть парадоксальным и превращается в глубинное, полное смысла утверждение, созданное на том уровне сознания, которое помог пробудить учитель.

В школе Риндзай ученик должен решать множество КОАНОВ, каждый из которых раскрывает один из аспектов дзэн. Это единственный способ обучения в этой школе, не использующей никаких положительных утверждений, заставляя ученика самостоятельно постигать истины, заключенные в КОАНАХ.

Сразу вспоминаются парадоксальные ситуации, возникшие после рождения атомной физики. Как и в дзэн, можно было решить парадоксы и постичь истину только при помощи абсолютно нового подхода — подхода атомной физики. Природа, как учитель дзэн, ничего не объясняла. Она только загадывала загадки.

Ученик должен напрячь все свои силы и максимально сконцентрироваться для решения КОАНА. Книги о дзэн утверждают, что КОАН сковывает мышление ученика, ставя его в тупик, повергая в состояние непрерывного напряжения, в котором весь мир представляется сплошной загадкой. Ощущения создателей квантовой теории были очень похожими. Послушаем Гейзенберга:

"Я помню многочисленные споры с Богом до поздней ночи, завершавшиеся признанием нашей беспомощности; когда после спора я выходил на прогулку в соседний парк, я вновь и вновь задавал себе один и тот же вопрос: Разве может быть в природе столько абсурда, сколько мы видим в результатах атомных экспериментов?"" [34,42].

Глубинная сущность бытия не может не казаться парадоксальной и абсурдной, будучи подвергнута интеллектуальному анализу. Мистики всегда признавали это, но наука лишь недавно столкнулась с этой проблемой. Ученые на протяжении столетий изучали "фундаментальные законы природы", лежащие в основе всех природных явлений. Эти явления происходили в их макроскопической окружающей среде и могли восприниматься при помощи органов чувств. Поскольку образы и понятия человеческого языка берут свое начало именно в чувственном восприятии, они удовлетворительно описывали явления природы.

В классической физике на вопрос о сущности вещей отвечала ньютоновская механическая модель Вселенной, которая, во многом повторяя демокритовскую модель, объясняла все явления движением и взаимодействиями твердых неразрешимых атомов. Атомы были уподоблены бильярдным шарам, то есть образам чувственного восприятия. Никто не задавался вопросом, применима ли эта аналогия к миру атомов. И действительно, экспериментальная проверка была невозможна.

Однако в двадцатом веке физики смогли подойти к вопросу об элементарных составляющих материи во всеоружии. Невероятно сложное оборудование позволяло им изучать различные уровни строения материи в поисках мельчайших "строительных кирпичиков". Так было доказано существование атомов и открыты составляющие их ядра и электроны, и, наконец, компоненты ядра — протоны, нейтроны и множество других субатомных частиц.

Сложные чуткие приборы современной экспериментальной физики проникают в глубины субмикроскопического мира, в области, удаленные от нашей макроскопической среды, и делают их доступными чувственному восприятию. И все же мы можем судить о них только по последнему звену в цепочке реакций — по щелчку счетчика Гейгера, по темному пятнышку на фотопластинке. Мы воспринимаем не сами явления, а их следы. Сам же атомный и субатомный мир скрыт от нас.

Итак, современная аппаратура позволяет нам косвенно "наблюдать" свойства атомов и других частиц, а следовательно, в какой-то степени "познавать" субатомный мир. Но эти знания в корне отличаются от наших знаний о том, что окружает нас в повседневной жизни. Они уже не определяются непосредственным чувственным восприятием, и поэтому обычный язык, заимствующий свои образы из мира чувств, не годится для описания исследуемых явлений. Проникая в толщу вещества, мы должны отказываться от образов и понятий обычного языка.

В путешествии в мир бесконечно малого самым важным шагом был первый — шаг в мир атомов. Проникнув под оболочку атома, изучая его внутреннее устройство, наука вышла за пределы чувственного восприятия. С этого момента она уже не могла с уверенностью опираться на логику и здравый смысл. Атомная физика впервые описала истинное строение вещества. Подобно мистикам, физики теперь имели дело с нечувственно воспринимаемой реальностью и,

подобно мистикам, сталкивались с парадоксами этой реальности. Поэтому модели и образы современной физики стали родственны моделям и образам восточной философии.

Глава 4.
НОВАЯ ФИЗИКА

По мнению восточных мистиков, непосредственное восприятие реальности приобретается мгновенно и подрывает основы прежнего мировоззрения. Д. Т. Судзуки назвал это ощущение "самым удивительным событием из сферы человеческого сознания, ...разрушающим все стандартные формы восприятия" [71, 7] и привел в подтверждение своих слов высказывание одного из дзэнских наставников, сравнивших подобное явление с тем, как "проламывается дно бадьи".

В начале века физики испытали нечто подобное при знакомстве с атомной действительностью, и их высказывания чем-то напоминают слова дзэнского учителя. Так, Гейзенберг писал:

> *"Бурная реакция, ученых на последние открытия современной физики легко объяснима: они сотрясают основы этой науки, и она, похоже, начинает терять почву под ногами" [34., 167].*

Эйнштейн тоже был потрясен, впервые столкнувшись с миром атома. Он писал в своей автобиографии:

> *"Все мои попытки объяснить эти новые открытия были абсолютно безуспешны. Это напоминало ситуацию, когда почва уходит изпод ног, и не на что опереться" [68, 45].*

Открытия современной физики привели к необходимости серьезного пересмотра таких понятий, как пространство, время, материя, объект, причина и следствие и т. д.; а поскольку эти понятия являются основополагающими для мировоззрения, неудивительно, что физики, столкнувшись с этой необходимостью, испытали подобие шока. Благодаря этим изменениям возник совершенно новый взгляд на мир, формирование которого продолжается под воздействием современных научных разработок.

Поэтому нам представляется, что и восточным мистикам, и западным физикам знакомы ощущения, заставляющие взглянуть на мир совершенно по-новому. В двух следующих цитатах европейский физик Нильс Бор и индийский мистик Шри Ауробиндо подчеркивают глубину и радикальный характер этого ощущения.

> *"Грандиозное расширение наших знаний за последние годы выявило недостаточность наших простых механических концепций и, как следствие, пошатнуло основания общепринятого истолкования" [6, 2].*
>
> *Нильс БОР*

> *"На самом деле, все вещи начинают изменять свою сущность и внешний вид; мировосприятие каждого человека в корне изменяется... Появляется новый широкий и глубокий путь восприятия, видения, познания, сопоставления вещей" [4.327].*
>
> *Шри АУРОБИНДО*

Эта глава содержит предварительное описание нового мировоззрения современной физики (если читатель находит это предварительное изложение идей современной физики слишком кратким или сложным, ему не следует беспокоиться — все понятия, упоминающиеся в этой главе, будут более подробно рассмотрены в дальнейшем); она рассказывает о том, как в начале века две основные теории современной физики — квантовая теория и теория относительности — заставили ученых избрать гораздо более утонченное холистическое и "органическое" воззрение на природу.

Классическая физика

Мировоззрение, опровергнутое открытиями современной физики, основывалось на ньютоновской механистической модели Вселенной. Эта модель была мощным каркасом классической физики и основой всех наук и натурфилософии.

Согласно Ньютону, все (физические явления происходят в трехмерном пространстве, описанном евклидовой геометрией. Это абсолютное неизменяющееся пространство, всегда находящееся в состоянии покоя. Как утверждал Ньютон: "Само абсолютное пространство, без учета внешних факторов, всегда остается неизменным и неподвижным" [8, 7]. Все изменения в физическом мире описывались в терминах абсолютного времени — особого измерения, не имеющего связи с материальным миром и различающего прошлое, настоящее и будущее. "Абсолютное, истинное математическое время, по своей сущности, течет с постоянной скоростью, не подвергаясь внешним воздействиям" [8, 36] — утверждал Ньютон.

По представлениям Ньютона, в этом пространстве двигаются материальные частицы — маленькие, твердые и неразрушимые предметы, из которых состоит вся материя, и которые фигурируют в математических уравнениях в качестве "точек массы". Эта модель очень похожа на модель греческих атомистов. Обе они различают полное и пустое, материю и пространство и предполагают, что форма и масса частиц неизменяемы. Таким образом, материя вечна и изначально пассивна. Важное отличие ньютоновской модели от демокритовой заключается в том, что она точно описывает силы взаимодействия между материальными частицами. Эти силы очень просты по своей сущности и

зависят только от масс и расстояний между частицами. Сила притяжения, по мнению Ньютона, тесно связана с телами, между которыми действует, причем действует она постоянно и на любом расстоянии. Подобные представления кажутся нам сегодня довольно странными и произвольными, но в те времена никто не пытался предложить что-либо взамен, поскольку считалось, что частицы и силы были созданы Богом и не подлежат анализу. Ньютон говорит о сотворении мира в своей "Оптике";

> *"Мне кажется вероятным, что Бог вначале сотворил материю в виде твердых, обладающих массой, цельных, непроницаемых и подвижных частиц, наделенных такими размерами, пропорциями, формами и другими качествами, которые наилучшим образом отвечают той цели, для которой Он сотворил их и что эти частицы, будучи цельными, несравненно плотнее любого пористого тела, из них составленного; и они настолько плотны, что никогда не изнашиваются и не разбиваются, и ни одна сила не может разделить то, что Бог сотворил единым при своем первотворении" [21, 76].*

Согласно Ньютону, все физические явления сводятся к движению материальных точек в пространстве, вызванному их взаимным притяжением, то есть силой тяжести, или гравитацией. Для того. чтобы дать строгое математическое описание этой силы, Ньютону пришлось использовать абсолютно новые понятия и математические операции дифференциального исчисления. Эйнштейн высоко оценивал значение великих трудов Ньютона, называя их величайшим интеллектуальным достижением, которым когда-либо был обязан мир одному человеку".

Основа классической механики — ньютоновские уравнения движения. Считалось, что они отражают незыблемые законы, управляющие движением материальных точек, а значит — и всеми природными явлениями. По мнению Ньютона, Бог создал материальные частицы, силы между ними и фундаментальные законы движения. Таким образом, вся Вселенная была запущена в движение и движется до сих пор подобно хорошо отлаженному механизму.

Механистический взгляд на природу был тесно связан со строгим детерминизмом. Огромный космический механизм был подчинен определенным законам. Все происходящее имело свою причину и приводило к определенному результату, и, в принципе, досконально зная состояние системы на данный момент, можно было с уверенностью предсказывать ее будущее. Эта уверенность звучит в словах французского математика Пьера Симона Лапласа:

> *"Интеллект, располагающий точными и подробными сведениями о местонахождении всех вещей, из которых состоит мир, и действии всех природных сил и способный подвергнуть анализу столь огромное количество данных, смог бы запечатлеть в одной и той же формуле движение самых больших тел во Вселенной и мельчайших атомов: для него не оставалось бы неясностей, и будущее, как и прошлое, показалось бы ему настоящим" [8, 122].*

Философской основой строгого детерминизма было фундаментальное разграничение между миром и человеком, введенное Декартом. Как следствие этого разграничения, возникла уверенность в возможности объективного описания мира, лишенного упоминаний о личности наблюдателя, и наука видела в таком объективном описании мира свой идеал.

Ньютоновская механика пережила свой расцвет в восемнадцатом — девятнадцатом веках. Сам Ньютон при помощи своей теории объяснил движение планет и основные свойства Солнечной системы. Тем не менее, его планетарная модель была сильно упрощенной и не учитывала, например, гравитационного взаимодействия планет. Из-за этого Ньютон обнаружил в своей модели некоторые несообразности, которые он сам не мог объяснить. Он решил проблему, придя к выводу, что Бог всегда присутствует во Вселенной, чтобы исправлять эти несообразности.

Великий математик Лаплас поставил перед собой честолюбивую задачу уточнить и усовершенствовать подсчеты Ньютона "и предложить окончательное описание механики Солнечной системы и настолько приблизить теорию к наблюдениям, чтобы в астрономических таблицах не осталось белых пятен" [40, 237]. Результатом его усилий была большая работа в пяти томах, "Небесная механика", где Лаплас успешно и подробно описал движение планет, лун и комет, причины приливов и других гравитационных явлений. Он показал, что из ньютоновских законов движения следует, что Солнечная система неподвижна. Когда Лаплас продемонстрировал Наполеону первое издание своей книги, тот, как рассказывают, заметил: "Месье Лаплас, мне сказали, что этот грандиозный труд об устройстве Вселенной не содержит ни одного упоминания о Творце". На что Лаплас резко ответил: "Я не нуждаюсь в этой гипотезе".

Вдохновленные блестящим успехом ньютоновской механики в астрономии, физики использовали ее для описания непрерывного течения жидкостей и колебаний упругих тел и вновь добились успеха. Наконец, даже теория теплоты получила механистическое обоснование, согласно которому теплота представляет собой энергию, порожденную сложным хаотическим движением молекул вещества. Так, при повышении температуры воды подвижность молекул возрастает до тех пор, пока они не преодолевают сил взаимного притяжения и не разделяются. При этом вода превращается в пар. Напротив, при охлаждении термическое движение замедляется, между молекулами возникает более прочная связь, и образуется лед. Подобным же образом можно с чисто механической точки зрения объяснить много других температурных явлений (см. рис. 2).

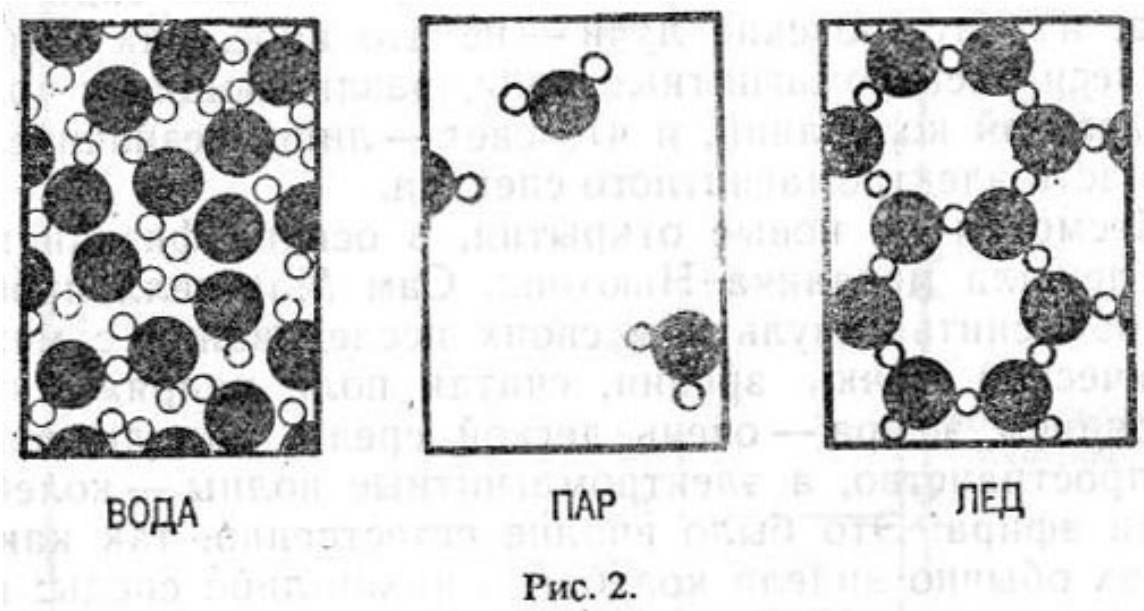


Рис. 2.

Триумф механики Ньютона убедил физиков в том, что ее законы управляют движением всей Вселенной и являются основными законами природы, и что явления природы не могут иметь другого объяснения. Тем не менее, по прошествии менее ста лет стало очевидно, что ньютоновская модель не может объяснить новые открытия, а ее закономерности действуют не всегда.

Все началось с открытия и исследования явлений электричества и магнетизма, которые не допускали механического толкования, свидетельствуя о существовании сил неизвестной до этого разновидности. Важный шаг был сделан Майклом Фарадеем и Клерком Максвеллом — первый из которых был одним из величайших экспериментаторов в истории науки, а второй — блестящим теоретиком. Когда Фарадей поднес к медной катушке магнит и вызвал в ней электрический ток, преобразовав таким образом механическую работу в электрическую энергию, наука оказалась в тупике. Этот фундаментальный эксперимент дал рождение разнообразной электрической инженерии и стал основой для теоретических размышлений Фарадея и Максвелла, плодом которых стала целая теория электромагнетизма. Фарадей и Максвелл, исследовав эффекты действия сил электричества и магнетизма, в первую очередь заинтересовались их природой. Они заменяли понятие "силы" понятием "силового поля" и первыми вышли за пределы физики Ньютона.

Вместо вывода о том, что два противоположных заряда притягиваются точно также, как две "точки массы" в ньютоновской механике, Фарадей и Максвелл сочли более приемлемым утверждать, что каждый заряд создает вокруг себя особое "возбуждение", или "состояние", так что противоположный заряд, находящийся поблизости, испытывает притяжение. Состояние способное порождать силу, было названо полем. Поле создает каждый заряд независимо от присутствия противоположного заряда, способного испытать его воздействие. Это открытие существенно изменило представление о физической реальности. Ньютон считал, что силы тесно связаны с телами, между которыми они действуют. Теперь же место понятия "силы" заняло более сложное понятие "поля", соотносившееся с определенными явлениями природы и не имевшее соответствия в мире механики. Вершиной этой теории, получившей название электродинамики, было осознание того, что свет есть не что иное, как переменное электромагнитное поле высокой частоты, движущееся в пространстве в форме волн. Сегодня мы знаем, что и радиоволны, и волны видимого света, и рентгеновские лучи — не что иное, как колеблющиеся электромагнитные поля, различающиеся только частотой колебаний, и что свет — лишь незначительная часть электромагнитного спектра.

Несмотря на новые открытия, в основе физики все еще лежала механика Ньютона. Сам Максвелл пробовал объяснить результаты своих исследований с механистической точки зрения, считая поле напряженным состоянием эфира — очень легкой среды, заполняющей все пространство, а электромагнитные волны — колебаниями эфира. Это было вполне естественно, так как в волнах обычно видели колебание какой-либо среды: воды, воздуха и так далее. Однако Максвелл одновременно использовал несколько механистических объяснений своих открытий, очевидно, не воспринимая ни одного всерьез. Видимо, он интуитивно чувствовал, если и не говорил этого открыто, что главное в его теории — поля, а не механистические модели. На этот факт через десять лет обратил внимание Эйнштейн, заявивший, что эфира не существует, и что электромагнитные поля имеют свою собственную физическую природу, могут перемещаться в пустом пространстве и не относятся к явлениям из области механики.

Итак, в начале двадцатого века физика располагала двумя признанными теориями, каждая из которых объясняла природные явления лишь в одной разновидности; механикой Ньютона и электродинамикой Максвелла. Ньютоновская модель уже не была единственной опорой физики.

Современная физика

Первые три десятилетия нашего столетия радикально изменили положение дел в физике. Одновременное появление теории относительности и теории атома поставило под сомнение представление ньютоновской механики об абсолютном характере времени и пространства, о твердых элементарных частицах, о строгой причинной обусловленности всех физических явлений и о возможности объективного описания природы. Старые понятия не находили применения в новых областях физики.

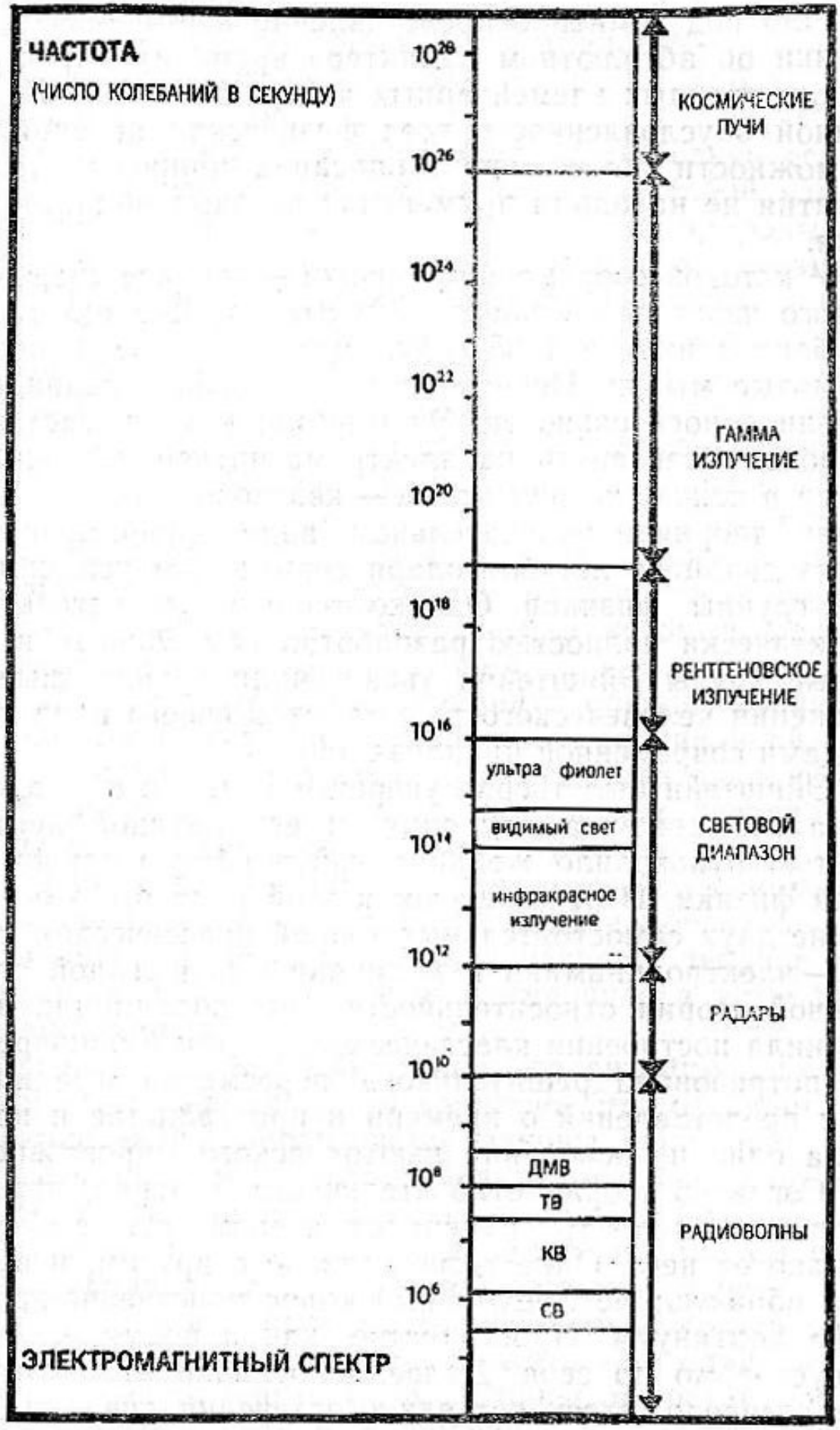

ЧАСТОТА
(ЧИСЛО КОЛЕБАНИЙ В СЕКУНДУ)
10^{28}
10^{26}
10^{24}
10^{22}
10^{20}
10^{18}
10^{16}
10^{14}
10^{12}
10^{10}
10^{8}
10^{6}
КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ
ГАММА ИЗЛУЧЕНИЕ
РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
ультра фиолет
видимый свет
СВЕТОВОЙ ДИАПАЗОН
инфракрасное излучение
РАДАРЫ
ДМВ
ТВ
КВ
СВ
РАДИОВОЛНЫ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПЕКТР

Рис. 3.

У истоков современной физики — великое свершение одного человека, Альберта Эйнштейна. Две его статьи, опубликованные в 1905 году, содержали две радикально новые мысли. Первая стала основой специальной теории относительности Эйнштейна; вторая заставила по-новому взглянуть на электромагнитное излучение и легла в основу теории атома — квантовой теории. Квантовая теория в окончательном виде сформировалась через двадцать лет благодаря совместным усилиям целой группы физиков. Однако теорию относительности практически полностью разработал сам Эйнштейн. Научные труды Эйнштейна увековечили грандиозные достижения человеческого разума, став своего рода пирамидами современной цивилизации.

Эйнштейн был твердо уверен в том, что природе изначально присуща гармония, и его научной деятельностью руководило желание найти общую основу для всей физики. Первым шагом к этой цели было объединение двух самостоятельных теорий классической физики — электродинамики и механики — под эгидой специальной теории относительности. Она объединила и дополнила построения классической физики и одновременно потребовала решительного пересмотра традиционных представлений о времени и пространстве и подорвала одно из оснований ньютоновского мировоззрения.

Согласно теории относительности, неверно, что пространство имеет три измерения, а время существует отдельно от него. Одно тесно связано с другим, и вместе они образуют четырехмерный "пространственно-временной" континуум. Пространство, как и время, не существует само по себе. Далее, в отличие от ньютоновской модели, здесь нет единого течения времени. Разные наблюдатели, двигаясь с различными скоростями относительно наблюдаемых ими явлений, указывали бы разную их последовательность. В таком случае, два события, одновременные для одного наблюдателя, для других произойдут в различной последовательности. В результате, все измерения в пространстве и времени, которые становятся относительными, теряют свой абсолютный характер. И время, и пространство — лишь элементы языка, который использует некий наблюдатель для описания наблюдаемых явлений.

Понятия времени и пространства настолько основополагающи, что их изменение влечет за собой изменение общего подхода к описанию явлений природы. Самое важное последствие этого изменения — осознание того, что масса — одна из форм энергии. Даже неподвижный объект наделен энергией, заключенной в его массе, и их соотношение выражается знаменитым уравнением $E=mc^2$ в котором с — скорость света.

Эта константа исключительно важна для теории относительности. Для описания физических явлений, при которых действуют скорости, близкие к скорости света, всегда следует пользоваться теорией относительности. В особенности это касается электромагнитных явлений, одним из которых является свет, и которые подвели Эйнштейна к созданию его теории,

В 1915 году Эйнштейн выдвинул общую теорию относительности, которая, в отличие от специальной, учитывала гравитацию, то есть взаимное притяжение всех тел с большой массой. В то время, как специальная теория была подвержена множеству экспериментов, общая теория еще не нашла своего окончательного подтверждения. И все же она является наиболее широко признанной, последовательной и изящной теорией гравитации, и находит широкое применение в астрофизике и космологии.

Согласно теории Эйнштейна, гравитация способна "искривлять" время и пространство. Это означает, что в искривленном пространстве законы евклидовой геометрии не действуют, так же как двухмерная плоскостная геометрия не может быть применена на поверхности сферы. На плоскости, например, мы можем нарисовать квадрат следующим образом: отмерить один метр на прямой линии, отложить прямой угол и снова отмерить один метр, затем отложить еще один прямой угол и снова отмерить метр, наконец, в третий раз отложить прямой угол и, вернувшись в исходную точку, получить квадрат. Однако на поверхности шара эти правила не подействуют. Точно таким же образом евклидова геометрия бесполезна в искривленном трехмерном пространстве. Далее, теория Эйнштейна утверждает, что трехмерное пространство действительно искривлено под воздействием гравитационного поля тел с большой массой.

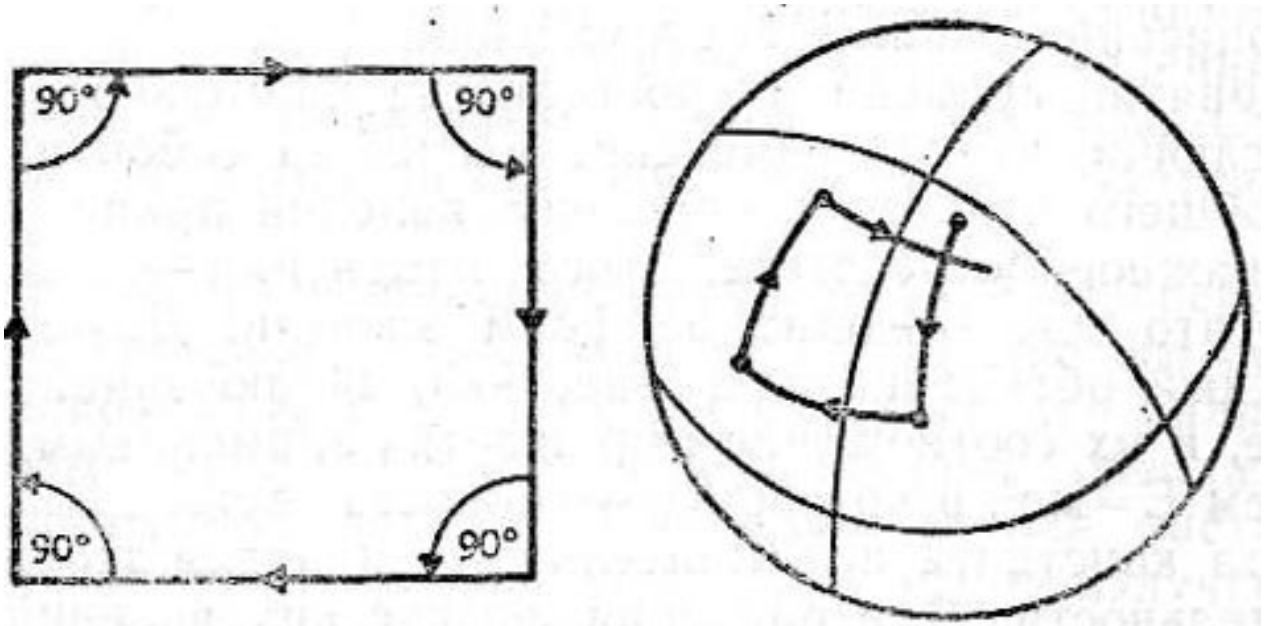


Рис: 4. Изображение квадрата на плоскости и на сфере

Пространство вокруг таких тел — планет, звезд и т. д. — искривлено, и степень искривления зависит от массы тела. А поскольку в теории относительности время не может быть отделено от пространства, присутствие вещества оказывает воздействие и на время, вследствие чего в разных частях Вселенной время течет с разной скоростью. Таким образом, общая теория относительности Эйнштейна полностью отвергает понятия абсолютного пространства и времени. Относительны не только все измерения в пространстве и времени; сама структура пространства-времени зависит от распределения вещества во Вселенной, и понятие "пустого пространства" также теряет смысл.

Классическая физика рассматривала движение твердых тел в пустом пространстве. Такой подход и сегодня остается уместным, но лишь по отношению к так называемой "зоне средних измерений", то есть в области нашего обыденного опыта, когда классическая физика остается полезной теорией. Оба представления о пустом пространстве и о твердых материальных телах, — настолько укоренились в нашем мышлении, что нам очень трудно представить себе некую физическую реальность, где бы эти представления не были бы применимы. И все же современная физика, выходя за пределы зоны средних измерений, заставляет нас сделать это. Выражение "пустое пространство" утратило смысл в астрофизике и космологии — — науках о Вселенной в целом, а понятие твердого тела было поставлено под сомнение атомной физикой — наукой о бесконечно малом.

В начале века было открыто несколько явлений атомной действительности, необъяснимых с позиций классической физики. Первое свидетельство в пользу того, что атомы обладают какой-то структурой, появилось с открытием рентгеновских лучей — нового вида излучения, быстро нашедшего свое применение в медицине. Однако рентгеновские лучи были не единственным видом излучения, испускаемого атомами. Вскоре после их открытия стали известны п другие виды излучений, испускаемых атомами так называемых "радиоактивных элементов". Явление радиоактивности подтверждало, что атомы таких элементов не только испускают различные излучения, но и превращаются при этом в атомы совершенно других элементов, что говорит о сложности строения атома.

Эти явления не только активно изучались, но и использовались для еще более глубокого проникновения в тайны природы. Так, Макс фон Лауэ при помощи рентгеновских лучей исследовал атомную структуру кристалла, а Эрнест Резерфорд обнаружил, что так называемые альфа-частицы, исходящие от радиоактивных веществ, можно использовать в качестве высокоскоростных снарядов субатомного размера для исследования внутреннего строения атома. Он подвергал атом обстрелу альфа-частицами, определяя по их траекториям после столкновения, как устроен атом.

В результате бомбардировки атомов потоками альфа-частиц Резерфорд получил сенсационные и совершенно неожиданные результаты. Вместо описанных древними твердых и цельных частиц перед ученым предстали невероятно мелкие частицы — электроны, движущиеся вокруг ядра на достаточно большом расстоянии. Электроны были прикованы к ядрам электрическими силами. Непросто представить себе микроскопические размеры атомов, настолько далеки они от наших обычных представлений. Диаметр атома — примерно одна миллионная сантиметра. Представим себе апельсин, увеличенный до размеров земного шара. В таком случае атомы этого апельсина увеличились до размеров вишен. Мириады тесно соприкасающихся вишен, составляющие шар размером с Землю — таковы атомы, из которых состоит апельсин. Таким образом, атом во много раз меньше любого известного нам предмета, но во много раз больше ядра, находящегося в центре атома. Ядро атома, увеличенного до размеров вишни, футбольного мяча или даже комнаты, было бы невидимо вооруженным глазом. Для того, чтобы увидеть ядро, нам нужно было бы увеличить атом

до размеров самого большого купола в мире-купола собора святого Петра в Риме. В атоме такого размера ядро было бы величиной с песчинку. Крупица песка в центре купола святого Петра и пылинки, вихрем носящиеся вокруг нее в огромном пространстве купола — такими увидели бы мы ядро и электроны.

Вскоре после появления этой "планетарной" модели атома было обнаружено, что от количества электронов зависят химические свойства элемента, а сегодня мы знаем, что можно составить периодическую таблицу элементов, последовательно добавляя протоны к ядру самого легкого атома — гидрогена, состоящего из одного протона и одного электрона — атома водорода, а также соответствующее число электронов к "оболочке" атома. Взаимодействие между атомами порождает различные химические процессы, так что вся химия ныне может быть, в принципе, понята на основе законов атомной физики.

Эти законы не так-то легко было открыть. Они были сформулированы лишь в двадцатые годы нашего века благодаря усилиям физиков разных стран: датчанина Нильса Бора, француза Лун де Бройля, австрийцев Эрвина Шредингера и Вольфганга Паули и англичанина Поля Дирака. Эти люди первыми соприкоснулись с неведомой необычной реальностью мира атома. Результаты всех экспериментов были парадоксальны и непонятны, и все попытки выяснить, в чем тут дело, оборачивались неудачей. Не сразу физики пришли к выводу о том, что парадоксы обусловлены тем, что они пытаются описывать явления атомной действительности в терминах классической физики. Однако, убедившись в этом, они стали по-другому воспринимать экспериментальные данные, что позволило им избегнуть противоречий. По словам Гейзенберга, "они каким-то образом проникнись духом квантовой теории", и смогли четко и последовательно сформулировать ее в математическом виде.

Однако даже после этого понятия, которыми оперировала квантовая теория, остались очень непривычными. Ранее эксперименты Резерфорда обнаружили, что атомы не являются твердыми и неделимыми, а состоят из незаполненного пространства, в котором движутся очень маленькие частицы, а теперь квантовая теория утверждала, что эти частицы тоже не являются цельными и неделимыми, что шло совершенно вразрез с положениями классической физики. Частицы, из которых состоят атомы, обладают, подобно свету, двойной природой. Их можно рассматривать и как волны, и как частицы.

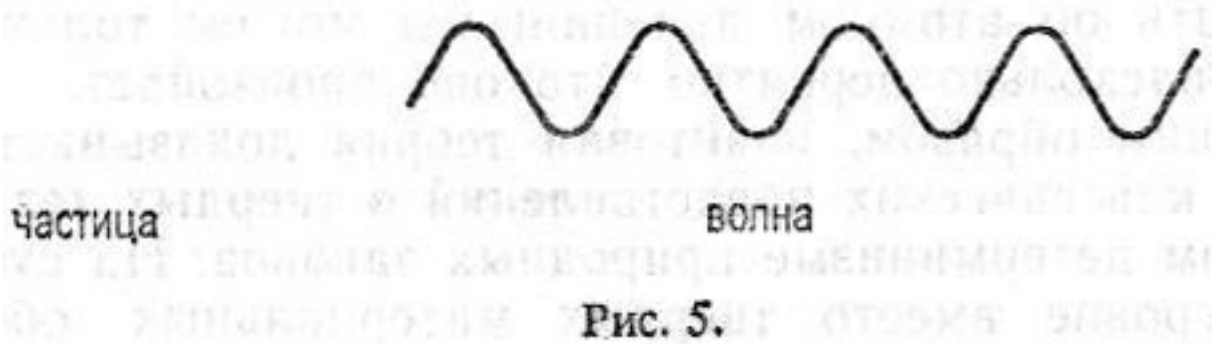


Рис. 5.

Это свойство материи и света очень необычно. Кажется совершенно невероятным, что что-то может одновременно быть частицей — единицей чрезвычайно малого объема — и волной, способной перемещаться на большие расстояния. Это противоречие породило большую часть тех напоминающих КОАНЫ парадоксов, что легли в основу квантовой теории. Все началось с открытия Макса Планка, свидетельствовавшего о том, что энергия теплового излучения испускается не непрерывно, а в виде отдельных вспышек. Эйнштейн назвал их "квантами" и увидел в них фундаментальный аспект природы. Он был достаточно смел, чтобы утверждать, что электромагнитное излучение может существовать не только в форме электромагнитных волн, но и в форме квантов. С тех пор кванты света рассматриваются как подлинные частицы и называются фотонами. Это частицы особой разновидности, лишенные массы и всегда движущиеся со скоростью света.

Очевидное противоречие между свойствами волн и частиц разрешилось совершенно непредвиденным образом, поставив под вопрос саму основу механистического мировоззрения — понятие реальности материи. Внутри атома материя не существует в определенных местах, а, скорее, "может существовать"; атомные явления не происходят в определенных местах и определенным образом наверняка, а, скорее, "могут происходить". Язык формальной математики квантовой теории называет эти возможности вероятностями и связывает их с математическими величинами, предстающими в форме волн. Вот почему частицы могут в то же время быть волнами. Это не "настоящие" трехмерные волны, как, например, волны на поверхности воды. Это "вероятностные волны" — абстрактные математические величины со всеми характерными свойствами волн, выражающие вероятности существования частиц в определенных точках пространства в определенные моменты времени. Все законы атомной физики выражаются в терминах этих вероятностей. Мы никогда не можем с уверенностью говорить об атомном явлении; мы можем только сказать, насколько вероятно, что оно произойдет.

Таким образом, квантовая теория доказывает ложность классических представлений о твердых телах и о строгом детерминизме природных законов. На субатомном уровне вместо твердых материальных объектов классической физики наличествуют волноподобные вероятностные модели, которые, к тому же отражают вероятность существования не вещей, а, скорее, взаимосвязей. Тщательный анализ процесса наблюдения в атомной физике показал, что субатомные

частицы существуют не в виде самостоятельных единиц, но в качестве промежуточного звена между подготовкой эксперимента и последующими измерениями. Так, квантовая теория свидетельствует о фундаментальной цельности мироздания, обнаруживая, что мы не можем разложить мир на отдельные "строительные кирпичики". Проникая в глубины вещества, мы видим не самостоятельные компоненты, а сложную систему взаимоотношений между различными частями единого целого. В этих взаимоотношениях непременно фигурирует наблюдатель. Человек-наблюдатель представляет собой конечное звено в цепи процессов наблюдения, и следует воспринимать свойства любого объекта атомной действительности, обязательно учитывая взаимодействие последнего с наблюдателем. Это означает, что классический идеал объективного описания природы отошел в небытие. Имея дело с атомной действительностью, нельзя следовать картезианскому разделению мира и личности, наблюдателя и наблюдаемого. В атомной физике нельзя сообщить информацию о природе таким образом, чтобы остаться при этом в тени.

Новая теория строения атома сразу же смогла решить несколько загадок строения атома, перед которыми оказалась бессильной планетарная теория Резерфорда, стало известно, что атомы, образующие твердую материю, состоят из почти пустого пространства, если рассматривать с точки зрения их распределения массы. Но если все вокруг нас, да и мы сами, состоит из пустоты, то почему мы не можем проходить сквозь запретные двери? Другими словами, что придает веществу твердость?

Вторая загадка — невероятная механическая стабильность атомов. Например, в воздухе атомы миллионы раз в секунду сталкиваются друг с другом и, тем не менее, после каждого столкновения приобретают прежнюю форму. Никакая система планет, подчиняющаяся законам классической механики, не выдержала бы таких столкновений. Однако сочетание электронов атома кислорода всегда одинаково, сколько бы они ни сталкивались с другими атомами. Два атома железа, а следовательно, и два железных бруска, абсолютно идентичны, несмотря на то, где они находились и как с ними обращались до этого.

Квантовая теория показала, что эти поразительные свойства атомов обусловлены волновой природой электронов. Для начала скажем, что твердость материи-результат типичного "квантового эффекта", обусловленного двойственной природой материи и не имеющего аналогов в макроскопическом мире. Когда частица находится в ограниченном объеме пространства, она начинает усиленно двигаться, и чем значительнее ограничение, тем выше скорость. Следовательно, в атоме действуют две противоположные силы, С другой стороны, электрические силы стремятся как можно сильнее приблизить электрон к ядру. Электрон реагирует на это, увеличивая свою скорость, и чем сильнее притяжение ядра, тем выше скорость; она может быть равна шестистам милям в секунду. Вследствие этого атом воспринимается как непроницаемая сфера, так же как вращающийся пропеллер выглядит как диск. Очень сложно еще больше сжать атом, и поэтому материя кажется нам твердой.

Таким образом, электроны в атоме размещаются на различных орбитах с тем, чтобы уравновесить притяжение ядра и свое противодействие этому. Тем не менее, орбиты электронов значительно отличаются от орбит планет Солнечной системы вследствие их волновой природы. Атом нельзя уподобить маленькой планетарной системе. Мы должны представить себе не частицы, вращающиеся вокруг ядра, а вероятностные волны, распределенные по орбитам. Производя измерения, мы обнаруживаем электроны в какой-либо точке орбиты, но не можем сказать, что они "вращаются вокруг ядра" в понимании классической механики.

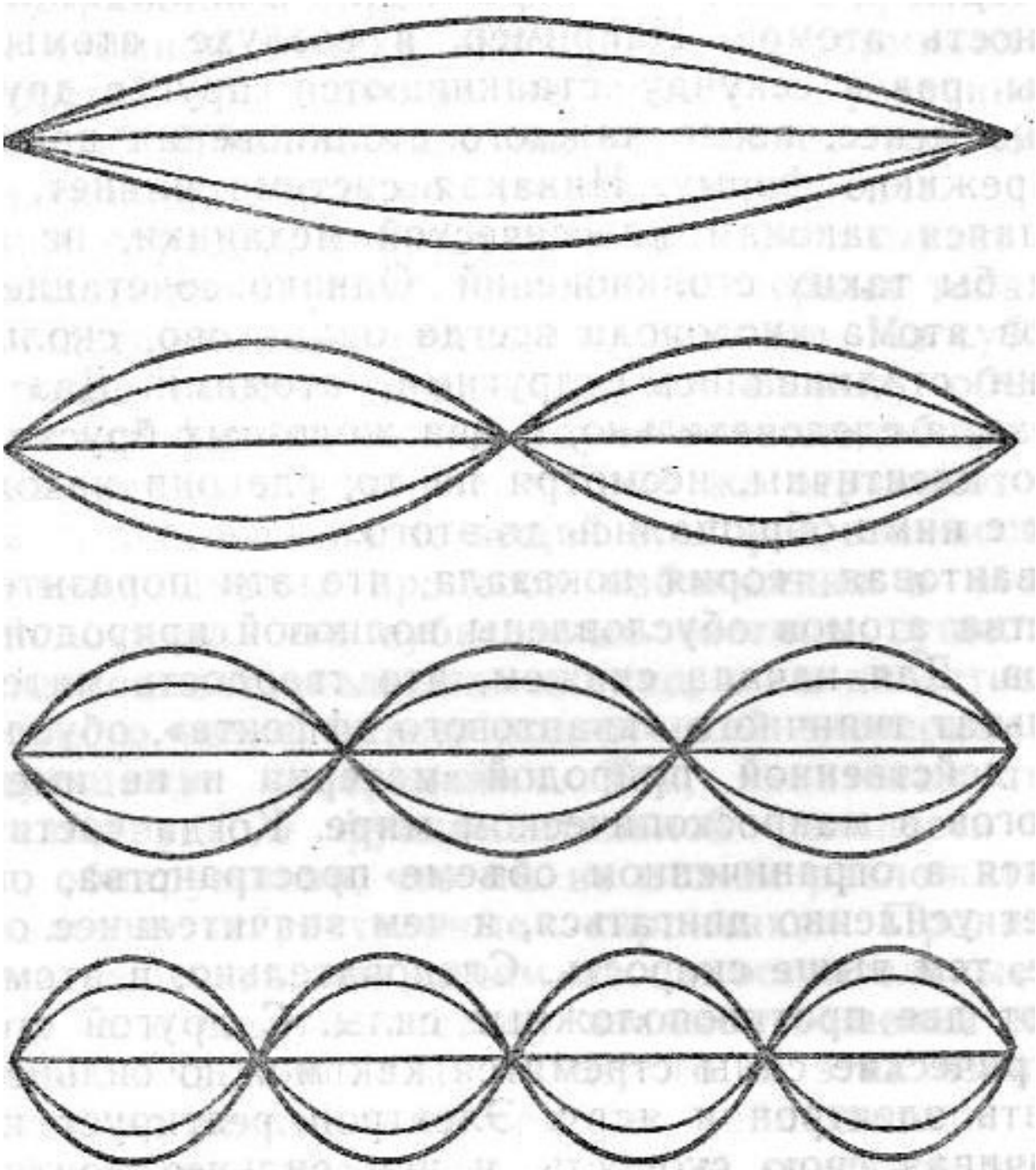


Рис. 6. Стоячие волны в вибрирующей струне

На орбитах эти электронные волны формируют замкнутые паттерны так называемых "стоячих волн". Эти паттерны возникают всегда, когда волны ограничены в некотором конечном пространстве, как, например, упругие колебания гитарной струны или воздушные колебания внутри флейты (см. рис. 6). Известно, что стоячие волны могут иметь ограниченное количество очертаний. В случае с электронами внутри атома это означает, что они могут существовать только на определенных атомных орбитах, имеющих определенный диаметр. Например, электрон атома водорода может находиться только на его первой, второй или третьей орбите, но не между ними. При нормальных условиях он всегда будет на нижней орбите, которая называется "стационарным состоянием" атома. Оттуда электрон, получив необходимое количество энергии, может перескочить на более высокие орбиты, и тогда говорят, что атом находится в "возбужденном состоянии", из которого может вновь перейти в стационарное, испустив избыточное количество энергии в силе фотона, или кванта электромагнитного излучения. Все атомы, обладающие одинаковым количеством электронов, характеризуются одинаковыми очертаниями электронных орбит и одинаковым расстоянием между ними. Поэтому два атома — скажем, кислорода, — абсолютно идентичны. Приходя в возбужденное состояние — например, сталкиваясь в воздухе с другими атомами, в итоге все они неизбежно возвращаются в одно и то же состояние. Так, волновая природа электронов обуславливает идентичность атомов одного химического элемента и их высокую механическую устойчивость.

Состояния атома могут быть описаны при помощи ряда целых чисел, получивших название "квантовых чисел" и обозначающих местонахождение и форму электронных орбит. Первое квантовое число — это номер орбиты, определяющий количество энергии, которым должен обладать электрон для того, чгобы находиться на ней; два других числа определяют точную форму электронной волны на орбите, а также скорость и направление вращения электрона, причем не следует понимать "вращение" электрона в классическом механистическом смысле: оно определяется формой электронной волны в терминах вероятности существования частицы в определенных точках орбиты. Поскольку эти характеристики выражаются целыми числами, это означает, что количество вращения электрона увеличивается не постепенно, а скачкообразно — от одной фиксированной величины к другой. Большие значения квантовых чисел соответствуют возбужденным состояниям атома, в то время как электроны атома, находящегося в стационарном состоянии, расположены как можно ближе к ядру и имеют минимально возможное количество вращения.

Вероятности существования, частицы, которые в ответ на их ограничение в пространстве увеличивают скорость движения, внезапные переключения атомов с одного "квантового состояния" на другое и глубокая взаимосвязанность всех явлений — вот некоторые черты необычной для нас атомной действительности. С другой стороны, основная сила, действующая в мире атомов, известна и в макроскопическом мире. Это сила притяжения, действующая между положительно заряженными ядрами и отрицательно заряженными электронами. Взаимодействие этой силы с электронными волнами порождает огромное количество разнообразных структур и явлений, которые окружают нас. Оно отвечает за все химические реакции и за образование молекул — соединений, состоящих из нескольких атомов, связанных силами взаимного притяжения. Таким образом, взаимодействие электронов с ядром обеспечивает возможность существования всех твердых тел, жидкостей и газов, а также живых организмов и биологических процессов, связанных с жизнедеятельностью последних.

В этом, исключительно богатом, мире атомных явлений ядра исполняют роль предельно малых устойчивых центров, представляющих собой источник электрических сил и образующих основу огромного множества молекулярных структур. Для понимания этих структур и вообще всех явлений природы все, что нам нужно знать о ядрах атомов — величина их заряда и их масса. Однако тот, кто хочет понимать природу материи и знать, из чего, в конечном счете, она состоит, должен исследовать ядро атома, заключающее в себе почти всю массу последнего. Поэтому в тридцатые годы нашего века, после того, как квантовая теория пролила свет на мир атома, главной задачей физиков стало изучение структуры ядра, его компонентов и сил притяжения внутри ядра.

Первым важным шагом к пониманию структуры ядра было открытие его второго компонента (первым является протон) — нейтрона: частицы с массой, примерно равной массе протона, в две тысячи раз превышающей массу электрона, но лишенной электрического заряда. Это открытие обнаружило тот факт, что ядра всех химических элементов состоят из протонов и нейтронов, и что сила, связывающая частицы внутри ядра — совершенно новое явление. Она не могла иметь электромагнитной природы, поскольку нейтроны электрически нейтральны. Физики поняли) что перед ними-новая сила природы, не существующая вне ядра.

Ядро атома в сто тысяч раз меньше самого атома, и все же содержит почти всю его массу. Это значит, что плотность вещества внутри ядра гораздо выше, чем в привычных нам формах материи. В самом деле, если бы человеческое тело обладало бы плотностью ядра, оно было бы величиной с булавочную головку. Однако такая высокая плотность — не единственное необычное свойство ядерного вещества. Обладая, как и электроны, квантовой природой, "нуклоны", как часто называют нейтроны, реагируют на ограничение в пространстве, значительно увеличивая свою скорость, а поскольку им отводится гораздо более ограниченный объем, их скорость очень высока — около сорока тысяч миль в секунду. Таким образом, ядерное вещество — одна из форм материи, которая совершенно не похожа ни на одну из форм материи, существующую в нашем макроскопическом окружении. Ядерное вещество можно сравнить с микроскопическими каплями предельно плотной жидкости, которые бурно кипят и булькают.

Радикальное своеобразие ядерного вещества, определяющее его необычные свойства — мощность ядерной силы, действующей только на очень близком расстоянии, равном примерно двум-трем диаметрам нуклона. На таком расстоянии ядерная сила притягивает; при его сокращении она становится явно отталкивающей и препятствует дальнейшему сближению нуклонов. Так, ядерная сила приводит ядро в исключительно стабильное и исключительно динамическое равновесие.

Согласно результатам этих исследований, большая часть вещества сосредоточена в микроскопических сгустках, разделенных огромными расстояниями. В обширном пространстве между тяжелыми, бурно кипящими каплями ядер движутся электроны, которые составляют очень большой процент от общей массы, но придают материи свойство твердости и обеспечивают необходимые связи для образования молекулярных структур. Они также участвуют в химических реакциях и отвечают за химические свойства веществ. С другой стороны, электроны обычно не участвуют в ядерных реакциях, не обладая достаточной энергией для нарушения равновесия внутри ядра.

Однако эта форма материи, обладающая многообразием очертаний, структур и сложной молекулярной архитектурой, может существовать лишь при том условии, что температура не очень высока, и колебательные движения молекул не очень сильны. Все атомные и молекулярные структуры разрушаются при увеличении термической энергии примерно в сто раз, что, например, имеет место внутри большинства звезд. Получается, что состояние большей части материи во Вселенной отличается от описанного выше. В центре находятся большие

скопления ядерного вещества; там преобладают ядерные процессы, столь редкие на Земле. Эти процессы являются причиной разнообразных звездных явлений, наблюдаемых астрономией, большая часть которых вызвана ядерными и гравитационными эффектами. Для нашей планеты особенно важны ядерные процессы в центре Солнца, питающие энергией околоземное пространство. Современная физика одержала триумфальную победу, обнаружив, что постоянный поток солнечной энергии — результат ядерных реакции.

В процессе изучения субмикроскопического мира в начале тридцатых годов нашего столетия наступил этап, принесший уверенность в том, что "строительные кирпичики" материи наконец открыты. Тогда уже стало известно, что вся матерня состоит из атомов, а атомы — из протонов, нейтронов и электронов. Эти так называемые "элементарные" частицы воспринимались как предельно малые, неделимые единицы материи, подобные атомам Демокрита. Хотя из квантовой теории следует, что нельзя разложить мир на отдельные мельчайшие составляющие, в то время это обстоятельство не было осознано всеми. О значительном авторитете классической механики говорит тот факт, что в те годы большинство физиков придерживалось мнения, что материя состоит из "строительных кирпичиков", и даже сейчас эта точка зрения находит достаточно сторонников.

Однако последующие достижения современной физики показали, что нужно отказаться от представлений об элементарных частицах как о мельчайших составляющих материи. Первое из них носило экспериментальный характер, второе — теоретический, и оба были сделаны в тридцатые годы. Что касается экспериментальной стороны, то усовершенствование техники проведения эксперимента и разработка новых приборов детекции частиц помогли открыть новые их разновидности. Так, к 1935 году было известно уже не три, а шесть элементарных частиц, к 1955 — восемнадцать, а к настоящему времени их известно более двухсот. В такой ситуации слово "элементарный" вряд ли применимо. По мере увеличения количества известных частиц росла уверенность в том, что не все из них могут так называться, а сегодня многие физики считают, что этого названия не заслуживает ни одна из них.

Эта точка зрения подкрепляется теоретическими исследованиями, проводившимися одновременно с экспериментальным изучением частиц. Вскоре после выдвижения квантовой теории стало очевидно, что она не является всеобъемлющей теорией для описания ядерных явлений, и должна быть дополнена теорией относительности. Дело в том, что частицы, ограниченные в пределах ядра, часто движутся со скоростью, близкой к скорости света. Это очень важно, так как описание любого природного явления, в котором действуют скорости, близкие к световой, должно учитывать теорию относительности и быть, как говорят физики, "релятивистским". Поэтому для точного понимания мира ядра нам нужна теория, объединяющая теорию относительности и квантовую теорию, Такая теория еще не выдвигалась, и поэтому попытки полного описания ядра были обречены на неудачу. Хотя мы немало знаем о строении ядра и о взаимодействиях ядерных частиц, мы не располагаем фундаментальным пониманием природы ядерных сил и сложной формы, в которой они проявляются. Не существует и всеобъемлющей теории ядерной частицы, сопоставимой с описанием атома в квантовой теории. Существует несколько "квантово-релятивистских" моделей, вполне удовлетворительно отражающих отдельные аспекты мира частиц, но слияние квантовой теории и теории относительности и создание общей теории частиц остается основной из пока нерешенных задач, стоящих перед современной физикой.

Теория относительности оказала сильное воздействие на наши представления о материи, заставив нас существенно пересмотреть понятие частицы. В классической физике масса тела всегда ассоциировалась с некоей неразрушимой материальной субстанцией — с неким "материалом", из которого, как считалось, были сделаны все вещи. Теория относительности показала, что масса не имеет отношения ни к какой субстанции. являясь одной из форм энергии. Однако энергия — это динамическая величина, связанная с деятельностью или процессами. Тот факт, что масса частицы может быть эквивалентна определенному количеству энергии, означает, что частица должна восприниматься не как нечто неподвижное и статичное, а как динамический паттерн, процесс, вовлекающий энергию, которая проявляет себя в виде массы некой частицы.

Начало новому взгляду на частицы положил Дирак, сформулировавший релятивистское уравнение для описания поведения электронов. Теория Дирака не только очень успешно описывала сложные подробности строения атома, но также обнаружила фундаментальную симметричность матерни и антиматерии, предсказав существование антиэлектрона, обладающего массой электрона, но с противоположным зарядом. И в самом деле, два года спустя была открыта такая положительно заряженная частица, получившая название позитрона. Из принципа симметричности материи и антиматерии следует, что для каждой частицы существует античастица с той же массой и зарядом противоположного знака. Пары частиц и античастиц возникают при наличии достаточного количества энергии и превращаются в чистую энергию при обратном процессе аннигиляции. Существование процессов синтеза и аннигиляции частиц было предсказано теорией Дирака до того, как они были открыты в природе, и с тех пор наблюдались в лаборатории миллионы раз.

Возможность возникновения материальных частиц из чистой энергии — воистину самое необыкновенное следствие из теории относительности, которое можно объяснить только при условии использования выше описанного подхода. До того, как физика стала рассматривать частицы с позиции теории относительности, считалось, что материя состоит либо из неразрешимых и неизменяемых элементарных частиц, либо из сложных объектов, которые можно разложить на более мелкие; и вопрос был только в том, возможно ли бесконечно делить материю на все более мелкие единицы, или существуют мельчайшие неделимые частицы. Открытие Дирака осветило проблему делимости вещества

новым светом. При столкновении двух частиц с высокой энергией они обычно разбиваются на части, размеры которых, однако, не меньше размеров исходных частиц. Это частицы такого же типа, возникающие из энергии движения (кинетической энергии), задействованной в процессе столкновения. В результате проблема делимости материи решается совершенно непредвиденным образом. Единственный способ дальнейшего деления субатомных частиц — их столкновение с использованием высокой энергии. Таким образом, мы можем снова и снова делить материю, но не можем получить более мелких частей, так как частицы просто возникают из используемой нами энергии. Итак, субатомные частицы одновременно делимы и неделимы.

Это положение дел будет казаться парадоксальным до тех пор, пока мы придерживаемся взглядов о сложных "предметах", состоящих из "строительных кирпичиков". Парадокс исчезает только при динамическом релятивистском подходе. Тогда частицы воспринимаются как динамические паттерны или как процессы, задействующие некоторое количество энергии, заключенное в их массе. В процессе столкновения энергия двух частиц перераспределяется и образует новый паттерн, и, если кинетическая энергия столкновения достаточно велика, то новый паттерн может включать дополнительные частицы, которых не было в исходных частицах.

Высокоэнергетические столкновения субатомных частиц — основной метод, который используют физики для изучения их свойств, и по этой причине физика частиц носит также название физики высоких энергий. Кинетическая энергия гарантируется в огромных, достигающих в окружности нескольких миль, ускорителях частиц, в которых протоны разгоняются до скорости, близкой к скорости света, а затем сталкиваются с другими протонами или нейтронами.

Большинство частиц, возникающих пои столкновениях, очень недолговечны и существуют гораздо меньше одной миллионной доли секунды, после чего они снова распадаются на протоны, нейтроны и электроны. Несмотря на крайне непродолжительный срок существования, можно не только обнаружить эти частицы и измерить их характеристики, но и сфотографировать их следы. Для фиксации следов, или треков, частиц используются специальные так называемые "пузырьковые камеры". Принцип их действия напоминает след реактивного самолета в небе. Сами частицы на несколько порядков меньше пузырьков, составляющих следы частиц, но по толщине и искривленности трека физики могут определить, какая частица его оставила. В точках, из которых исходит несколько треков, происходят столкновения частиц; искривления возникают из-за использования исследователями магнитных полей. Столкновения частиц — основной эксперементальный метод для изучения их свойств и взаимодействий, и красивые линии, спирали и дуги в пузырьковых камерах имеют первостепенное значение для современной физики.

Эксперименты последних десятилетий раскрыли динамическую сущность мира частиц. Любая частица может быть преобразована в другую; энергия может превращаться в частицы, и наоборот. В этом мире бессмысленны такие понятия классической физики, как "элементарная частица", "материальная субстанция" и "изолированный объект". Вселенная предстапляет собой подвижную сеть неразделенно связанных энергетических процессов. Всеобъемлющая теория для описания субатомной действительности еще не найдена, но уже сейчас существует несколько моделей, вполне удовлетворительно описывающих ее определенные аспекты. Все они несвободны от математических трудностей и порою противоречат друг другу, все же отражая при этом глубинное единство и подвижность материи. Они показывают, что свойства частицы могут быть поняты только в терминах ее активности, то есть ее взаимодействия с окружающей средой, и что частицы следует рассматривать не как самостоятельные единицы, а как неотделимые части целого.

Теория относительности радикальным образом изменила наши представления не только о частицах, но и о силах взаимного притяжения и отталкивания частиц. При релятивистском подходе считается, что эти силы эквивалентны таким же частицам. Подобную картину сложно себе представить. Такое положение дел обусловлено четырехмерной пространственно-временной сущностью субатомной действительности, с которой сложно иметь дело и нашей интуиции, и вербальному мышлению. Однако осознать необходимо, если мы хотим постичь субатомные явления. Релятивистский подход соотносит силы, действующие между составными частями вещества, со свойствами этих составных частей и таким образом объединяет два понятия — понятия силы и вещества — которые со времени греческих атомистов казались абсолютно самостоятельными. Сейчас считается, что и сила, и материя берут свое начало в динамических системах, которые мы называем частицами.

Тот факт, что частицы взаимодействуют при помощи сил, способных преобразовываться в такие же частицы, — еще одно свидетельство в пользу нашего утверждения о невозможности разделения субатомной действительности на составные части. Начиная от нашего макроскопического окружения и вплоть до уровня ядра силы притяжения относительно слабы, и можно сделать обобщение, сказав, что вещи состоят из частей. Так, крупинка соли состоит из молекул, молекулы соли — из двух разновидностей атомов, атомы-из ядер и электронов, а ядра — из протонов н нейтронов. Однако на уровне элементарных частиц такой взгляд на вещи уже недопустим.

В последнее время появилось много свидетельств в пользу того, что протоны и нейтроны тоже могут быть разложены на составные части, однако то обстоятельство, что силы притяжения внутри них столь сильны, или же, что, в сущности, одно и то же, скорости их компонентов столь высоки, указывает на необходимость применения релятивистского подхода, в рамках которого все силы одновременно являются частицами. Таким образом, стирается

различие между частицами — компонентами нуклона и частицами, проявляющимися в форме сил притяжения, и вышеупомянутое обобщение теряет силу. Мир частиц нельзя разложить на элементарные составляющие.

Таким образом, согласно представлениям современной физики, Вселенная — это динамическое неделимое целое, включающее и наблюдателя. Здесь традиционные понятия пространства и времени, изолированных объектов, причины и следствия теряют смысл. В то же время, похожие представления издавна имели место в восточных мистических традициях. Эта параллель становится очевидной при рассмотрении квантовой теории и теории относительности и, в еще более значительной степени, при рассмотрении квантово-релятивистских моделей субатомной физики, объединяющих обе теории.

Перед подробным обсуждением этих параллелей я кратко расскажу о некоторых философских учениях Востока, которые, вероятно, мало знакомы читателю. Я имею в виду различные философские школы таких религиозно-философских учений, как индуизм, буддизм и даосизм. В последующих пяти главах описываются взгляды этих школ, а также исторические обстоятельства, в которых они сформировались, причем наибольшее внимание уделяется тем разделам учения, которые представляют интерес для последующего сопоставления с физикой.

Глава 5.
ИНДУИЗМ

При описании любой восточной философии важно подчеркнуть, что все они носят религиозный характер. Их основная цель — непосредственное мистическое восприятие мира, а поскольку такое восприятие по природе своей религиозно, они неотделимы от религии. Больше, чем для любой другой восточной религии, это справедливо для индуизма, где особенно сильна связь между философией и религией. Неоднократно утверждалось, что практически вся индийская философия в некотором отношении религиозна, а индуизм не только в течение многих столетий оказывал значительное влияние на индийскую философию, но и почти полностью определял социальную и культурную жизнь страны.

Индуизм нельзя назвать ни философией, ни религией в полном смысле этого слова. Это, скорее, большой и сложный социорелигиозный организм, включающий бесчисленное количество сект, культов и философских систем, различные ритуалы, церемонии, духовные дисциплины, а также почитание многочисленных богов и богинь. Многие аспекты этой сложной и до сих пор развивавшейся мощной духовной традиции отражают разнообразные географические, расовые, лингвистические и культурные особенности огромного полуострова. Идеи индуизма воплощаются как в высокоинтеллектуальных философиях, располагающих концепциями невероятной широты и глубины, так и в наивных ритуалах простонародья. И хотя большинство индийцев — простые крестьяне, не забывающие приносить жертвы своим богам, индуизм дал рождение выдающимся духовным учениям.

Источник идей индуизма — Веды, собрание древних анонимных произведений. Существует четыре собрания Вед, старейший из которых — "Ригведа". Веды, написанные на санскрите, священном языке Индии, являются высшим религиозным авторитетом для большинства сект индуизма. Любая философская система, не признающая авторитета Вед, считается в Индии неортодоксальной.

Каждая из Вед состоит из нескольких частей, которые датируются разными периодами, приблизительно между 1500 и 500 годами до н. э. Древнее всего священные гимны и молитвы. Более поздние имеют отношение к священным ритуалам, связанным с ведическими гимнами, а написанные последними Упанишады разрабатывают философское и прагматическое содержание гимнов. Упанишады — ядро духовного наследия индуизма. На протяжении последних двадцати пяти столетий они направляли и вдохновляли величайших мыслителей Индии, в соответствии с рекомендацией, высказанной в их строках:

"Взяв, словно лук, великое оружие Упанишад,
Следует возложить на него стрелу, отточенную медитацией.
Натянув его силою мысли, устремленной к существу Этого,
Пронзи Это Неуничтожимое, словно мишень, мой друг".

"Мундака Упанишада", 2, 2, 3

Однако основная масса индийцев получала представление об индуизме не из Упанишад, а из многочисленных популярных сказаний, из которых состояли объемные эпические повествования, лежащие в основе обширной и цветистой индийской мифологии. Один из эпосов, "Махабхарата", содержит наиболее известное в Индии религиозное произведение, "Бхагавадгиту". "Гита", как ее принято называть, представляет собой беседу бога Кришны и воителя Арджуны, который повержен в глубокое отчаяние из-за необходимости вести кровопролитную войну со своими родственниками, лежащую в основе сюжета "Махабхараты". Кришна, воплотившийся в колесничего Арджуны, направляет колесницу прямо в пространство между двумя армиями, и в этой драматической обстановке на поле битвы звучит обращенный к Арджуне рассказ Кришны об основных истинах индуизма. По мере повествования реальная война двух семейств отходит на второй план, и становится ясно, что битва Арджуны — духовная битва человека, занятого поисками просветления. Сам Кришна советует Арджуне:

"Поэтому рази мечом мудрости сомнения, порожденные невежеством твоего сердца. Стань цельным в согласии с самим собой, в йоге, поднимайся, великий воитель, поднимайся" [54, 4, 42].

В основе наставлений Кришны, как и всего индуизма, лежит мысль о том, что многообразие вещей и явлений, окружающих нас, по-разному воплощает одну и ту же высшую реальность. Эта реальность, называемая Брахман, представляет собой понятие, существованию которого индуизм обязан своим принципиально моническим характером, несмотря на почитание огромного количества богов и богинь.

Брахман, высшая реальность, понимается как "душа", или внутренняя сущность всех вещей. Он бесконечен и превосходит все представления. Он не может восприниматься при помощи интеллекта и быть адекватно описанным при помощи слов: "Брахман, безначальный, верховный: за пределами всего, что есть и чего нет" [54, 13, 12]. "Непостижима эта высшая Душа. безграничная, нерожденная, не подлежащая обсуждению, не допускающая мыслей" ["Майтри Упанишада", 6, 171 И все люди хотят говорить об этой реальности, и индуистские патриархи, с любовью к мифологизации, описывают Брахман как божественное начало и, говоря о нем, используют язык мифологии. Различные аспекты Божественного получили имена различных почитаемых индуистами божеств, однако сочинения не оставляют сомнения в том, что все эти божества — только воплощения одной высшей реальности:

"То, что люди говорят: "Почитай этого бога!
Почитай того бога!" — воистину творение его Брахмана!
И сам он — это все боги".

"Брихадараньяка Упанишада", 1, 4, 6

Воплощение Брахмана в душе человека называется Атман, и основной мыслью Упанишад является то, что Атман и Брахман, личная и высшая реальность, едины:

"То, что является тончайшей сущностью, то, что является душой всего этого мира. Это реальность. Это Атман. Это ты".

"Чхандогья Упанишада", 6, 9, 4

Основной сюжет мифологии индуизма — сотворение мира путем самопожертвования Бога, самопожертвования в его первоначальном смысле "превращения в жертвенное, священное", при котором Бог становится миром, который в итоге снова становится Богом. Созидательная деятельность Божественного носит название "ЛИЛА", "божественная игра", и весь мир — это действия этой игры. Как большая часть мифов индуизма, миф о "ЛИЛЕ" имеет сильную магическую окраску. Брахман — великий маг, превращающий себя в мир, использующий для этого подвига "магическую созидательную силу", которая называется в "Ригведе" словом "МАЙЯ". За столетия значение слова "МАЙЯ" — одного из наиболее важных индуистских терминов — изменилось. Вместо "мощи", или "силы" божественного мага оно стало означать психологическое состояние любого человека, находящегося под чарами божественной игры. До тех пор, пока мы считаем реальностью мириады форм божественной ЛИЛЫ, не осознавая целостности Брахмана, лежащего в основе всех этих форм, мы находимся под властью чар МАЙИ.

Следовательно, МАЙЯ не означает, что мир есть иллюзия, как часто неправильно утверждают. Иллюзорны лишь наши представления о том, что формы и структуры, вещи и события вокруг нас реальны, в то время как все это — лишь сеть понятий, при помощи которых мы мыслим, измеряя и категоризируя. МАЙЯ — иллюзорное отождествление этих понятий с реальностью, или карты с местностью.

Итак, индуисты считают все формы проявлениями относительной, текучей и изменчивой МАЙИ, преобразованной великим магом. Мир МАЙИ непрерывно изменяется под воздействием ритмичной динамической ЛИЛЫ. Движущая сила последней — КАРМА, еще одно важное понятие всей индийской философии. "КАРМА" означает "действие". Это активный принцип, приводящий в движение Вселенную, все части которой динамически связаны друг с другом. Как утверждает "Гита", "КАРМА" — это созидательная сила, посредством которой все вещи получают свою жизнь" [54, 8, 3].

На психологическом уровне слово "КАРМА", так же, как и "МАЙЯ", получило новую трактовку. До тех пор, пока мы видим в мире многообразие предметов и явлений, находясь под чарами МАЙИ и думая, что мы существуем отдельно от окружающей нас среды и можем действовать свободно и независимо, мы сковываем себя КАРМОЙ. Для того, чтобы освободиться от уз КАРМЫ, нужно осознать целостность и гармонию, царящие в природе, включая и нас самих, и действовать в соответствии с этим. "Гита" недвусмысленно замечает по этому поводу:

"Все действия занимают свое место во времени благодаря взаимопереплетению сил Природы., однако человек, погрязший в заблуждениях эгоизма, думает, что он сам — деятель.
Однако тот, кто знает о связи сил Природы с действиями, видит, как одни силы Природы оказывают воздействие на другие силы Природы и избегает участи их раба" [54, 3, 27].

Освободиться от чар МАЙИ, разорвать узы КАРМЫ означает осознать, что все чувственно воспринимаемые явления — проявления одной и той же реальности. Это означает прочувствовать всем своим существом, что все, включая нас самих, есть Брахман. Это ощущение называется "МОКША", или "освобождение", и составляет основное содержание индуизма.

Индуисты видят много путей к освобождению. Люди, стоящие на различных ступенях духовного развития и исповедующие индуизм, могут использовать для слияния с Божественным разные понятия, ритуалы и духовные дисциплины. Индуистов не беспокоит то обстоятельство, что эти понятия и практики иногда противоречат друг другу, поскольку они знают, что Брахман лежит вне всех понятий и образов. Это объясняет высокую терпимость и восприимчивость индуизма к различным влияниям.

Самая высокоинтеллектуальная школа индуизма — Веданта, основывающаяся на Упанишадах и воспринимающая Брахмана как неперсонифицированное метафизическое понятие, лишенное какого бы то ни было мифологического содержания. Несмотря на высокий уровень (философии Веданты, она значительно отличается от любой школы западной философии, так как включает обязательную ежедневную медитацию и другие духовные практики, направленные на достижение слияния с Брахманом.

Еще один важный и популярный путь к освобождению известен под названием "йога" (это слово означает "сопрягать", "соединять" и подразумевает соединение индивидуальной души с Брахманом). Существует несколько школ йоги, каждая из которых использует в качестве основы физические упражнения и различные психологические практики, предназначенные для людей различного склада и различного духовного развития.

Для большинства индуистов слияние с Божественным заключается в почитании какого-либо персонифнцированного бога или богини. Богатое индийское воображение породило в буквальном смысле тысячи божеств, имеющих бесчисленные воплощения. Три наиболее популярных божества индуизма — Шива, Вишну и Божественная Мать. Шива — один из древних индийских богов, способный представать во многих обличиях. Олицетворяя полноту Брахмана, он приобретает имя Махешвара, или Великий Господин; помимо этого, он может воплощать много различных самостоятельных аспектов божественного начала, и самым знаменитым его воплощением является Натараджа, Король Танцоров. Будучи Космическим Танцором, Шива является богом созидания и разрушения, в ритме танца которого пульсирует бесконечное дыхание Вселенной.

Вишну тоже имеет много обличий, одно из которых-бог Кришна из "Бхагавадгиты". В общем, роль Вишну сводится к сохранению Вселенной. Третье божество этой триады — Шакти, Божественная Мать, — древняя богиня, воплощающая во многообразии своих проявлений женское начало и женскую энергию Вселенной.

Шакти также выступает в роли жены Шивы, и изображения двух страстно обнимающихся божеств часто можно видеть в храмовых скульптурных произведениях искусства, которые отличаются удивительной чувствительностью, совершенно незнакомой в такой степени церковному искусству Запада. В отличие от большинства западных религий, индуизм никогда не стремился заставить своих последователей отказаться от чувственного наслаждения, не отделяя тело от духа и видя в нем неотъемлемую часть человеческой природы. Поэтому индуист не старается контролировать желания тела при помощи сознательной воли, но видит свою цель в осознании себя со всем своим существом, телом и духом. В индуизме даже появилось течение, средневековый тантризм, в котором путь к просветлению лежит через глубокое погружение в переживания чувственной любви, в которой "каждый воплощает в себе обоих", согласно утверждению Упанишад:

> *"Подобно тому, как мужчина в объятиях любимой жены не сознает ничего ни внутри, ни снаружи, так и такой человек в объятиях разумной Души не сознает ничего ни внутри, ни снаружи".*
>
> *"Брихадараньяка Упанишада", 4, 3, 21*

Образ Шивы был тесно связан с этой средневековой формой эротического мистицизма, также как Шакти н большое количество других богинь мифологии индуизма. Обилие женских божеств, опять же, говорит о том, что в индуизме физическая и чувственная сторона человеческой природы, которая всегда ассоциировалась с женским началом, является неотъемлемой частью Божественного. Богини индуистов изображаются не в облике святых дев, а в объятиях своих божественных супругов. Огромное количество богов и богинь, населяющих мир популярной мифологии индуизма, со всеми своими воплощениями и перерождениями, легко приводят к смятению ум западного человека. Для того, чтобы понять, как индуисты могут иметь дело с таким множеством божеств, нам нужно знать об основном положении индуизма, заключающееся в том, что все божества по сути своей одинаковы. Все они-проявление одной и той же божественной реальности, воплощения различных аспектов бесконечного, вездесущего и в высшей степени-непостижимого Брахмана.

Глава 6.
БУДДИЗМ

Буддизм на протяжении многих веков был основной духовной традицией в большинстве районов Азии, включая страны Индокитая, а также Шри Ланку, Непал, Тибет, Китай, Корею и Японию. Подобно индуизму в Индии, он оказал большое влияние на интеллектуальную, культурную и художественную жизнь этих стран. Однако, в отличие от индуизма, учение буддизма восходит к одному человеку, Сиддхарте Гаутаме, так называемому "историческому" Будде. Он жил в Индии в середине шестого века до н. э., в то удивительное время, когда в мир пришло столько духовных учителей и гениальных философов: Конфуций и Лао-цзы в Китае, Заратустра в Иране, Пифагор и Гераклит в Греции. Если индуизм уделяет первостепенное внимание мифологии и ритуалу, то буддизм, в первую очередь, интересуется психологией. Цель Будды заключалась не в том, чтобы удовлетворять людское любопытство по вопросам происхождения мира, о природе божественного начала и т. п. Его, в основном, интересовала человеческая жизнь, наполненная страданиями и разочарованиями. Поэтому его учение было не метафизическим, а, скорее, психотерапевтическим. Он указал причину страданий и способ их преодоления, воспользовавшись для этой цели традиционными индийскими понятиями — такими, как МАЙЯ, КАРМА, НИРВАНА и т. д., и дав им совершенно новое психологическое истолкование. После смерти Будды в буддизме появилось две основные школы, Махаяна и Хинаяна. Хинаяна, что означает "Малая Колесница", — ортодоксальная школа, придерживающаяся буквального истолкования наставлений Будды, в то время как Махаяна, "Великая Колесница", характеризуется более гибким подходом, который воплощается в утверждении, что дух учения важнее, чем его буквальная формулировка. Учение Хинаяны получило распространение на Цейлоне, в Бирме и Таиланде, а учение Махаяны — в Непале, Тибете и Китае, став, таким образом, основной из двух школ. В самой Индии буддизм был, по прошествии столетий, поглощен более гибким и восприимчивым индуизмом, а Будда был признан одним из перерождений многоликого Вишну. Распространение буддизма Махаяны в Азии в ее различных культурных регионах, среди народов, обладавших своеобразным менталитетом, привело к тому, что Учение Будды истолковывалось с различных точек зрения. Воспреемники Учения разрабатывали Его до мельчайших деталей и привносили в Него свои оригинальные идеи. Таким образом они сохранили живой характер буддизма в течение многих веков и создали сложнейшие философские системы, включающие в себя глубокие психологические откровения.

Однако, несмотря на высокоинтеллектуальный уровень философии Махаяны, эта школа никогда не ставит своей основной целью абстрактные рассуждения. Интеллект, как это вообще принято в мистических системах, расценивается как одно из средств, помогающих "расчистить" путь для непосредственного мистического прозрения, которое в буддизме получило название "пробуждения". Основной смысл последнего заключается в том, чтобы покинуть мир интеллектуальных разграничений и противопоставлений и оказаться в мире "АЧИНТЬИ", немыслимого, действительность которого предстает в виде нераздельной и недифференцированной "таковости".

Подобное ощущение посетило однажды ночью Сиддхарту Гаутаму, последовав за семилетней аскетической жизнью в лесах. Сидя в глубокой медитации под знаменитым деревом Бодхи, Деревом Просветления, он внезапно почувствовал, что на него снизошло ощущение "непревзойденного, абсолютного пробуждения", сделавшее смешным все былые искания и сомнения. Благодаря этому он стал Буддой, то есть "Просветленным". На Востоке изображение Будды, погруженного в глубокую медитацию, значит не меньше, чем распятие на Западе, и служило, и продолжает служить источником вдохновения для большого количества художников и скульпторов, создающих величественных рукотворных Будд.

Согласно традиции, непосредственно после пробуждения Будда отправился в Олений парк Бенареса для того, чтобы открыть свое учение своим бывшим товарищам-отшельникам. Учение было облечено им в форму Четырех Благородных истин, которые чем-то напоминают медицинское заключение, в котором сначала констатируется факт заболевания, а затем выражается уверенность в том, что болезнь излечима, и предписывается надежное лекарство.

Первая Благородная истина утверждает, что основной характеристикой человеческого существования является ДУХККХА, то есть страдание и разочарование. Разочарование коренится в нашем нежелании признать тот очевидный факт, что все вокруг нас не вечно и преходяще. "Все вещи возникают и исчезают" — говорил Будда, и в основе учения буддизма лежит представление о том, что текучесть и изменчивость — основные свойства природы. По мнению буддистов, страдание возникает в том случае, если мы начинаем сопротивляться течению жизни и стараемся удержать некие устойчивые формы, которые, будь это вещи, явления, люди или мысли, все является МАЙЕЙ. Принцип непостоянства воплощается также в представлениях о том, что не существует особого эго, особого "я", которое было бы субъектом наших изменяющихся впечатлений, постоянным субъектом. Буддисты считают, что наша уверенность в существовании отдельного индивидуального "я" — еще одна иллюзия, еще одна форма МАЙИ, интеллектуальное понятие, лишенное связи с действительностью. Если мы будем придерживаться подобных взглядов, как и любых других устойчивых категорий мышления, мы неизбежно испытаем разочарование.

Вторая Благородная истина разъясняет причину страданий, называя ее "ТРИШНА", то есть "привязанность". Это бессмысленная привязанность к жизни, проистекающая из невежества, называемого буддистами "АВИДЬЯ". Вследствие своего невежества мы пытаемся разделить воспринимаемый нами мир на отдельные и самостоятельные части, и таким образом воплотить текучие формы реальности в фиксированных категориях мышления. До тех пор, пока мы рассуждаем так, нас ждет разочарование за разочарованием. Стараясь устанавливать отношения с вещами, которые

кажутся нам твердыми и постоянными, являясь, тем не менее, преходящими и изменчивыми, мы попадаем в порочный круг, в котором любое действие порождает дальнейшей действие, а ответ на любой вопрос ставит новые вопросы. В буддизме этот порочный круг известен как САНСАРА, круговорот рождений и смертей, движущей силой которого является КАРМА, непрекращающаяся цепочка причин и следствий.

Согласно Третьей Благородной истине, можно прекратить страдания и разочарования. Можно покинуть порочный круговорот САНСАРЫ, освободиться от уз КАРМЫ и достичь состояния полного освобождения, которое называется НИРВАНА. В этом состоянии уже не существуют ложные представления об отдельном "я", и постоянным и единственным ощущением становится переживание единства всего сущего. НИРВАНА соответствует МОКШЕ индуистов и не может быть описана более подробно, так как это состояние сознания лежит вне области интеллектуальных понятий. Достичь НИРВАНЫ означает пробудиться, то есть стать Буддой.

Четвертая Благородная истина указывает средство избавления от страданий, призывая следовать Восьмеричному Пути самосовершенствования, которое ведет к достижению состояния Будды. Как уже упоминалось, два первых шага на этом пути имеют отношение к правильному видению и истинному знанию, то есть к правильному пониманию человеческой жизни. Еще четыре шага имеют отношение к правильному действию. Они содержат описание правил, которым должен следовать буддист, — Срединного Пути, лежащего на равном удалении от противоположных крайностей. Последние два шага достигают правильного осознания и правильной медитации и непосредственного мистического восприятия реальности, которое и составляет конечную и высшую цель Пути.

Будда рассматривал свое учение не как последовательную философскую систему, а как средство достижения просветления. Его высказывания об этом мире имеют одну задачу — подчеркнуть непостоянство всего сущего. Он предостерегал последователей от слепого почитания каких-либо авторитетов, включая и себя самого, говоря, что может лишь указать путь к Буддовости, в то время как каждый волен сам решать, идти ли по этому пути, прилагая свои собственные усилия. Последние слова Будды на смертном одре характеризуют все его мировоззрение и учение. Перед тем, как покинуть этот мир, он сказал: "Разложение — удел всех составленных вещей. Настойчиво трудитесь" ["Дигха Никайя", 2,154].

За несколько веков, последовавших за смертью Будды, ведущие деятели буддийской церкви несколько раз собирались на Великих соборах, где зачитывались вслух положения учения Будды и устранялись разночтения в их толковании. На четвертом соборе, состоявшемся в первом веке н. э. на острове Цейлон (Шри Ланка), учение, изустно передававшееся на протяжении пяти столетий, было впервые записано. Оно получило название палийского канона, так как буддисты воспользовались языком пали, и стало опорой ортодоксального буддизма Хинаяны. С другой стороны, Махаяна основывается на некотором количестве так называемых "сутр" — сочинений значительного объема, написанных на санскрите одним или двумя столетиями позже, которые излагают учение Будды более подробно и обстоятельно, нежели палийский канон.

Махаяна называется Великой Колесницей, так как ее последователям предлагается большое количество разнообразных способов достижения Буддовости. Они включают в себя религиозную веру в учение основателя буддизма и высокоразвитые (философские системы, использующие понятия, сильно напоминающие категории современного научного познания.

Первым распространителем идей Махаяны был Ашвагхоша — один из наиболее выдающихся философов среди патриархов буддизма, живших в первом веке н. э. Он изложил основные положения буддизма Махаяны — в особенности те, что касаются буддийского понятия "таковости" — в своей небольшой книге под названием "Пробуждение веры". Это прозрачный и исключительно красивый текст, во многом напоминающий "Бхагавадгиту", представляет собой первое значительное сочинение по буддизму Махаяны, ставшее основной опорой для всех школ этого направления буддизма.

Ашвагхоша оказал сильное влияние на Нагарджуну, самого высокоинтеллектуального философа Махаяны, который применил сложную диалектику для доказательства ограниченности возможностей использования всех понятий, которые используются людьми для восприятия и описания реальности. При помощи блестящих рассуждений он опроверг общепринятые метафизические взгляды своего времени и таким образом продемонстрировал, что, в конечном итоге, реальность не может быть постигнута в понятиях и рассуждениях. Поэтому он назвал ее "ШУНЬЯТА", то есть "пустота", которое эквивалентно "ТАТХАТЕ", или "таковости", Ашвагхоши: если признать, что концептуальное мышление бессмысленно, то реальность будет восприниматься как чистая "таковость".

По этой причине заявление Нагарджуны относительно того, что пустота — глубинная сущность действительности, не следует понимать в нигилистическом смысле, как это слишком часто делается. Оно лишь означает, что все понятия человеческого мышления пусты, лишены абсолютного содержания. Сама же Действительность, или Пустота, не просто состояние незаполненности, а единственный источник всей жизни и единственное содержание всех форм.

Выше изложенные положения Махаяны имеют отношение к ее интеллектуальному, логическому аспекту. Однако это лишь одна сторона буддизма. Ее дополняет религиозное сознание буддиста, включающее веру, любовь и сострадание. Махаяна утверждает, что истинная просветленная мудрость (БОДХИ) включает два компонента, которые

Д. Т. Судзуки назвал "двумя столпами, поддерживающими буддизм". Это Праждня, то есть трансцендентальная мудрость, или интуитивное постижение, и Каруна, то есть любовь или сострадание.

Положение о том, что любовь и сострадание — неотъемлемые части мудрости, нашло свое отражение в идеале бодхисаттвы, одном из самых важных нововведении Махаяны. Бодхисаттва — это личность, стоящая на высоком уровне духовного развития, это человек, способный вскоре достигнуть состояния Будды, который не ищет Пробуждения для одного себя. Он дает обет помочь всем живым существам обрести Буддовость перед тем, как самому достичь НИРВАНЫ. Эти представления восходят к решению, которое когда-то принял Будда (буддийская традиция утверждает, что это решение было принято им сознательно и далось ему не так уж легко) и которое заключалось в том, чтобы не просто достичь НИРВАНЫ, но вернуться в мир и указать подобным себе человеческим существам путь к спасению. Идеал бодхисаттвы также соотносится с буддийским учением о "не-я", поскольку в том случае, если не существует отдельных самостоятельных "я", то как может единичная личность достичь НИРВАНЫ?

Вера нашла свое конечное выражение в так называемой Школе Чистой Земли буддизма Махаяны. В основе ее учения лежит утверждение буддизма о том, что все люди изначально обладают Природой Будды, на основе которого делается вывод следующего рода: для достижения состояния Нирваны, или Чистой Земли, все, что нужно сделать, — это уверовать в свою изначальную Буддовость.

Философия буддизма достигла расцвета в учении школы Аватамсака, которая опирается на сутру того же названия. Эта сутра считается душой буддизма Махаяны, и Д. Т. Судзуки говорит о ней с вдохновением и благоговением:

> *"Что касается "Аватамсака-сутры", то она является обобщением философии, морали и знаний буддизма. На мой взгляд, величие рассуждений, глубина чувств и масштабность композиции, явившиеся в этой сутре, не встречаются более ни в одной из церковных литератур мира. Жизнь бьет ключом в этой сутре, и ни один религиозно настроенный человек не может расстаться с ней, испытывая жажду или утолив ее лишь наполовину" [73,122].*

Именно эта сутра послужила основным источником вдохновения для китайских и японских мыслителей, когда буддизм Махаяны получил распространение по всей Азии. Контраст между китайцами и японцами, с одной стороны, и индийцами — с другой настолько значителен, что даже утверждают, что они представляют собой две протипоположности человеческого мышления. Первые практичны, прагматичны и настроены на мысли об общественном, вторые обладают богатым воображением, склонны к метафизике и к сверхъестественному. Когда мыслители Японии и Китая начали переводить и комментировать "Аватамсаку" — одно из величайших произведений индийского религиозного гения, две противоположности слились и организовали новое динамическое единство. В результате сформировалась философия китайской школы Хуаянь и японской школы Кэгон, которые, по словам Судзуки, воплощают в себе "верх совершенства буддийской философии, история которой на Дальнем Востоке исчисляется двумя последними тысячелетиями" [71,54].

Основная тема "Аватамсаки" — единство и взаимосвязь всех предметов и явлений. Это представление не только составляет основную сущность всего восточного мировоззрения, но также является одним из основных элементов мировоззрения, порожденного достижениями современной физики. Поэтому в дальнейшем мы увидим, что древняя "Аватамсака-сутра" содержит в высшей степени поразительные параллели к моделям и теориям современной физики.

Глава 7.
КИТАЙСКАЯ ФИЛОСОФИЯ

Когда буддизм впервые проник на территорию Китая в первом веке н. э., он столкнулся с культурой, история которой насчитывала уже около двух тысяч лет. В этой древней культуре философия достигла пика своего развития в течение периода поздней Чжоу (около 500221 гг. до н. э.) — этого века китайской философии — — и с тех пор пользовалась всеобщим и величайшим уважением.

С самого начала философия этой страны развивалась в двух направлениях. Поскольку китайцы всегда были прагматическим народом и обладали высокоразвитым общественным сознанием, все их философские школы тем или иным образом интересовались жизнью в обществе, человеческими отношениями, моральными ценностями и управлением. Однако это направление не было единственным. Помимо него, существовало второе, вызванное к жизни мистической стороной китайского характера, согласно которой высшая цель любой философии — возвыситься над миром общества и повседневной жизни и достичь иного уровня сознания. Это уровень мудреца — так китайцы называли свой идеал просветленного человека, достигшего мистического единения со Вселенной.

Однако этот мудрец находится не только на этом уровне: его равным образом беспокоят и волнуют мирские дела. Он объединяет в себе две взаимодополняющие стороны человеческого характера — интуитивную мудрость и практическое знание, созерцание и общественную деятельность, — которые традиционно ассоциируются в китайской культуре с образами мудреца и правителя. По словам Чжуан-цзы, полностью реализовавшие себя личности "посредством своей неподвижности становятся мудрецами, посредством своего движения — правителями" [17, гл. 13].

В шестом веке до н. э. два направления китайской философии развились в две самостоятельные философские школы — конфуцианство и даосизм. Конфуцианство — философия общественного устройства, здравого смысла и практических знаний. Она снабдила китайское общество системой образования и строгими предписаниями общественного этикета. Одной из его целей было создание этической основы для традиционной китайской системы родственных отношений, обладавшей очень сложной структурой и ритуалами почитания предков. Даосизм, напротив, в первую очередь ценил созерцание природы и постижение ее ПУТИ, или ДАО. По мнению даосов, человек становится счастлив, следуя естественному порядку, действуя спонтанно и доверяя своей интуиции.

Два направления — две противоположные стороны китайской философии, но в Китае в них всегда видели противоположные стороны единой природы человека, и поэтому считали их взаимодополняющими. Давая образование детям, которым предстояло усвоить правила и условности общественной жизни, обращались к конфуцианству, а к прибежищу даосизма обычно стремились пожилые люди, которые хотели восстановить и развить утраченную спонтанность, умерщвленную условностями общественной жизни. В одиннадцатом-двенадцатом веках неоконфуцианцы предприняли попытку объединить в рамках своей школы конфуцианство, буддизм и даосизм. Наилучшим образом это удалось Чжу Си — выдающемуся философу, сочетавшему конфуцианскую ученость с отличным знанием буддизма и даосизма и включившему элементы всех трех учений в свою собственную синтетическую философию.

Конфуцианство получило свое название от Кун Фуцзы, или Конфуция, знаменитого наставника большого количества учеников, который видел свою основную задачу в том, чтобы передать древнее культурное наследие своим подопечным. Однако при этом он не ограничивался простой передачей знаний, интерпретируя традиционные представления в соответствии со своими собственными представлениями о морали. Он учил, опираясь на так называемое Шестикнижие, древние произведения по философии, ритуалам, поэзии, музыке и истории, которые представляют собой духовное и культурное наследие "святых мудрецов" древнего Китая. Китайская традиция связывала все эти сочинения с именем Конфуция, приписывая ему роль либо автора, либо составителя, или же автора комментария, однако согласно современным исследованиям, ему нельзя приписать ни одну из этих ролей в отношении какой-либо части классического Шестикнижия. Его собственные взгляды стали известны благодаря сочинению "Лунь-юй", собранию афоризмов, составленному некоторыми из его учеников. Основателем даосизма был Лао-цзы, чье имя буквально означает "Старый Наставник" и который, согласно традиции, был старшим современником Конфуция. Ему приписывается основное даосское произведение. В Китае его обычно называют просто "Лао-цзы", а на Западе оно получило название "Дао-дэ цзин", "Книга о Пути и Добродетели". Я уже упоминал о парадоксальном стиле и мощном и поэтичном языке этой книги, которую Джозеф Нидэм считает "вне всякого сомнения, самым глубоким и красивым произведением на китайском языке" [60,33].

Второе важное даосское сочинение — "Чжуан-цзы", которое гораздо больше "Дао-дэ цзин" по объему. Его автор, Чжуан-цзы жил, как утверждает традиция, двумя столетиями позже Лао-цзы. Согласно современным исследованиям, "Чжуан-цзы", а возможно, и "Лао-цзы", не могут быть приписаны индивидуальным авторам, являясь, скорее, сборными произведениями, составленными из даосских трактатов, написанных разными авторами в разное время.

И "Лунь-юй" и "Дао-дэ цзин" написаны сжатым емким языком, с богатым подтекстом, характерным для китайского образа мышления. Китайцы не питают любви к абстрактным логическим рассуждениям, и их язык совершенно не похож на западный. Слова могут выступать в нем в роли существительных, прилагательных или глаголов, не отличаясь при этом по формальным признакам частей речи, как в наших языках, а порядок слов определяется не столько

грамматикой, сколько эмоциональным содержанием предложения. Слово в классическом китайском вовсе не абстрактный знак, соответствующий четко очерченному понятию. Скорее, это звуковой символ, богатый подтекстами и намеками, способный вызывать в сознании нерасчлененный комплекс красочных картин и эмоций. Говорящий стремится не столько сообщить некую цепочку интеллектуальных рассуждений, сколько поразить и удивить слушателя. Соответственно, на письме иероглиф представлял собой тоже не абстрактный знак, а органический образ, "гештальт", сохранявший весь набор изобразительных структур и иносказательные возможности слова.

Поскольку китайские философы излагали свои идеи на языке, который так хорошо подходил для их образа мышления, то, несмотря на краткость и лаконичность и даже, порою, недосказанность, их труды обладали значительными возможностями иносказания. Понятно, что большая часть иносказательных образов теряется при переводе на европейские языки. Перевод одной фразы из "Дао-дэ цзин", таким образом, может передать лишь незначительную часть богатого комплекса идей, содержащегося в оригинале. Именно поэтому разные переводы с одного оригинала часто выглядят как самостоятельные непохожие друг на друга произведения. В первую очередь, это можно сказать о "Дао-дэ цзин". Как говорил Фэн Юлань:

"Необходимо объединить все уже существующие и еще не сделанные переводы "Лао-цзы" и "Лунь-юй" для того, чтобы обнаружить богатство их изначальной формы" [29,14].

Китайцы, подобно индийцам, считали, что существует высшая реальность, лежащая в основе многообразия вещей и явлений, наблюдаемых нами, которая объединяет их:

> *"Есть три термина: "полное", "всеохватывающее", "целостное". Они отличаются друг от друга, однако та реальность, которую они стремятся описать, одна и та же, — Единственное" [17, гл. 22].*

Они называли эту реальность Дао, что первоначально означало "Путь". Этот Путь всей Вселенной, порядок мироустройства. Позже конфуцианцы дали этому понятию другое истолкование. Они говорили о Дао человека или Дао человеческого общества, понимая его как правильный в моральном отношении образ жизни.

В первоначальном космическом смысле Дао — высшая, не подлежащая определению реальность, и в качестве таковой является эквивалентом индуистского Брахмана и ДХАРМАКАЙИ буддизма. Однако Дао отличается от этих понятий своей внутренней динамической сущностью, которая, по мнению китайцев, присуща всей Вселенной. Дао — это космический процесс, в котором участвуют все вещи, мир при таком подходе текуч и изменчив.

Индийский буддизм разработавший учение о непостоянстве, обладал похожими представлениями, однако в этой религии они играли роль только в области человеческой психологии. Китайцы же не только считали, что текучесть и изменчивость свойственны всему мирозданию, но также были уверены в существовании устойчивых образцов, или схем, в соответствии с которыми происходят все изменения. Мудрец стремится распознать эти схемы и действовать в соответствии с ними. Таким образом, он становится "человеком с Дао", живущим в гармонии с природой и преуспевающим во всех своих начинаниях. По словам Хуэй Нань-цзы, философа, жившего во втором веке до н. э.:

> *"Тому, кто подчиняется течению Дао, следуя естественным процессам Неба и Земли, не сложно управлять всем миром" [60, 51].*

Какими же устойчивыми, постоянно повторяющимися формами обладает космический Путь, который надлежит постичь человечеству? Основной признак Дао — цикличность его бесконечного движения и изменений. "Движение Дао есть возвращение, — говорил Лао-цзы, — Уйти далеко означает вернуться" [48, гл. 25, 40]. Имеется в виду, что все процессы в природе и во внутреннем мире человека цикличны и имеют фазы приближения и удаления, расширения и сжатия.

Прообразом этих представлений, вне всякого сомнения, послужили движения Солнца и Луны и смена времен года, воспринятые китайским народом как проявление вселенской закономерности. Китайцы верят, что если ситуация в своем развитии доходит до крайности, то недолго остается ждать, пока она начнет развиваться в противоположном направлении и превратится в противоположную крайность. Эта уверенность придавала им сил в эпохи бедствий, предостерегая от бахвальства и гордости в благоприятные времена. В результате сформировалось учение о золотой середине, общее для конфуцианцев и даосов. "Мудрец — говорил Лао-цзы, — избегает излишеств, сумасбродства и потворства своим слабостям" [48, гл. 29].

По мнению китайцев, лучше иметь слишком мало, чем слишком много: лучше оставлять дело незавершенным, чем слишком усердствовать, поскольку, в последнем случае, действуя таким образом, невозможно заметное продвижение. Тем не менее, можно быть уверенным в том, что идешь в правильном направлении. Как человек, желающий идти все дальше и дальше на восток, в результате окажется на западе, так и преуспевшие в накоплении и стяжательстве окончат дни свои в нищете. Красноречивым примером действия этой закономерности является современное индустриальное общество, в котором считается идеалом все более значительное повышение "уровня жизни" при одновременном и не менее значительном снижении качества жизни всех членов общества.

Представление о циклических паттернах, пребывающих в движении ДАО, было выражено в определенной структуре посредством введения полярных противоположностей, ИНЬ н ЯН. Они стали двумя пределами, ограничивающими круги перемен:

> *"ЯН, достигнув пика своего развития, отступает перед лицом ИНЬ: ИНЬ, достигнув пика своего развития, отступает перед лицом ЯН" [60, 7]*

По мнению китайцев, все проявления Дао порождены динамическим чередованием и взаимодействием этих противоположных сил. Эта идея является очень и очень древней, и множество поколений размышляли об этом, прежде чем символизм архетипической пары ИНЬ-ЯН стал самым основополагающим понятием во всей китайской философии. Первоначально слова ИНЬ и ЯН имели значения соответственно тенистого и солнечного склонов горы, в которых уже запечатлена относительность этих двух понятий:

> *"То, что позволяет явиться то мраку, то свету, есть Дао" [86, 297].*

С глубокой древности два противоположных начала имели проявления не только в качестве светлого и темного, но и качестве мужского и женского, твердого и податливого, верха и низа. ЯН сильное, мужское, творческое начало, ассоциировалось с Небом, а ИНЬ темное, женское, восприимчивое и материнское начало с Землей. Небо находится наверху и наполнено непрекращающимся движением, а Земля, согласно геоцентрическим взглядам древних, покоится внизу. Поэтому ЯН стало символизировать движение, а ИНЬ покой и неподвижность. В области человеческого мышления находим также воплощения: ИНЬ сложный интуитивный женский ум, ЯН четкий рациональный рассудок мужчины. ИНЬ неподвижность погруженного в созерцание мудреца, ЯН созидательная деятельность правителя.

Динамический характер ИНЬ и ЯН можно проиллюстрировать при помощи древнего китайского символа "Тайцзи-ту", или Символа Великого Предела. Это изображение характеризуется симметричным соотношением темного и светлого полей, изображающих соответственно ИНЬ и ЯН, но эта симметрия не статична. Это симметрия вращения, предполагающая постоянное движение по кругу:

> *"ЯН вновь и вновь возвращается к своему началу. ННЬ достигает максимума и уступает место ЯН" [60, 6].*

Две точки на рисунке подразумевают, что когда одно из двух начал достигает пика своего развития, оно уже готово отступить, и поэтому в этот момент в зародыше содержит в себе свою противоположность.

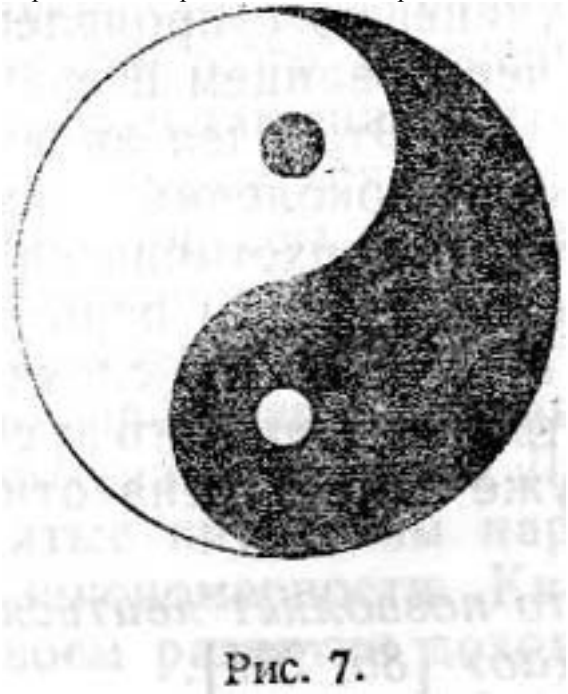


Рис. 7.

Противопоставление ИНЬ и ЯН присутствует во всей китайской культуре и определяет традиционный китайский образ жизни. Чжуан-цзы говорил: "Жизнь-это гармоническая смесь ИНЬ и ЯН" [17, гл. 22]. Народ земледельцев издавна был знаком с движением по небосводу Солнца и Луны и явлением смены времен года. Поэтому сезонные изменения, как и обусловленные ими явления роста и разложения, воспринимались в качестве очевидных проявлений чередования ИНЬ и ЯН, холодной темной зимы и яркого жаркого лета. Сезонное чередование двух противоположностей отражается и на нашей пище, которая тоже содержит элементы ИНЬ н ЯН. Для китайца здоровая диета-это, прежде всего, равное содержание элементов ИНЬ и ЯН.

Традиционная китайская медицина тоже исходит из представления о равновесии ИНЬ и ЯН в теле человека, и любое заболевание рассматривается как нарушение этого равновесия. Тело человека разделяется на органы ИНЬ и ЯН. Говоря в общем, внутреннее содержимое тела — ЯН, а его поверхность — ИНЬ; задняя сторона тела — ЯН, передняя ИНЬ; внутри тела находятся органы ИНЬ и ЯН. Равновесие между всеми этими частями поддерживается при помощи постоянного потока ЦИ, или жизненной энергии, текущего по целой системе "меридианов", на которых находятся точки акупунктуры. Каждый орган соединен с определенным меридианом таким образом, что меридианы ЯН соединены с органами ИНЬ, и наоборот. Если остановить течение ЦИ, возникает заболевание, которое можно излечить, воздействуя иглами на точки акупунктуры для того, чтобы восстановить и усилить течение энергии.

Казалось бы, при помощи понятий ИНЬ и ЯН, двух всеобъемлющих и всемогущих начал, можно описать все движение Дао, однако китайцы этим не ограничились. Они стали исследовать различные варианты сочетаний ИНЬ и ЯН и разработали систему космических архетипов. Эта система описана в "И цзин" — "Книге Перемен".

"Книга Перемен" первая часть Шестикнижия и может быть признана произведением, лежащим у самых истоков философии и культуры Китая. Уважение и почитание, которыми она пользовалась у китайцев на протяжении тысячелетий, сопоставимы только с отношением к Священным писаниям других культур: Ведам или Библии. Знаменитый синолог Рихард Вильгельм, переведший ее на английский язык, писал в предисловии к переводу:

> *"Книга Перемен", вне всякого сомнения, — одно из значительнейших произведений мировой литературы. Ее история восходит к мифологическому времени, и до наших дней она служила объектом самого пристального внимания величайших умов Китая. Практически все наиболее значительные и важные события в трехтысячелетней культурной истории китайского народа либо были вдохновлены ею, либо приводили к изменению толкования ее текста. Поэтому можно безошибочно утверждать, что "И цзин" заключает в себе убеленную сединами мудрость тысячелетий" [86, 47].*

Итак, "Книга Перемен" органически увеличивалась с течением тысячелетий, и к настоящему времени состоит из нескольких слоев, берущих начало в наиболее важных периодах развития китайской философии. Точкой отсчета является собрание шестидесяти четырех фигур, или гексаграмм, одна из которых изображена ниже и которые были построены на основе символизма ИНЬЯН и использовались для прорицания. Каждая из гексаграмм состоит из шести линий, которые могут быть либо разорванными (ИНЬ) либо сплошными (ЯН), так, что шестьдесят четыре гексаграммы представляют собой все возможные комбинации такого рода. Эти гексаграммы, о которых мы более подробно поговорим впоследствии, рассматривались уже как космические архетипы, представляющие паттерны Дао в природе и человеческой жизни. Каждая получила свое название и сопровождалась коротким текстом, называемым "Решение", в котором сообщалось, как следует действовать в согласии с космическим паттерном в данном случае. Позже каждая гексаграмма была снабжена еще одним коротким текстом, в котором значение схемы раскрывалось в нескольких, исключительно поэтичных строках. Третий текст поясняет значение каждой линии, используя язык, чрезвычайно насыщенный мифологическими образами, которые подчас сложны для понимания.

Рис. 8.

Таковы три разновидности текстов, сопровождавших гексаграммы, использовавшиеся для гадания, и представляющих на данный момент три части книги. Для того, чтобы определить, какая именно гексаграмма соответствует описанной спрашивающим ситуации, использовался сложный ритуал, в котором использовались пятьдесят палочек, сделанных из стеблей тысячелистника. Идея заключалась в том, чтобы проявить в гексаграмме космический паттерн соответствующего момента и узнать от прорицателя, как надлежит действовать:

> *"В "Книге Перемен" содержатся образы, которые следует постичь; суждения, которые следует истолковать — счастье и несчастье — получили свое распределение здесь для того, чтобы можно было принять решение" [86, 321].*

Основное назначение "И цзин" — не предсказание будущего, а прояснение уже существующего положения вещей, так, чтобы можно было надлежащим образом поступить в сложившейся ситуации. Такой подход поднял "И цзин" выше обычного уровня руководства для гадателей, сделав ее книгой мудрости.

"И цзин" как книга мудрости, в сущности, гораздо значительней и масштабней, чем "И цзин" в качестве гадательной книги. На протяжении веков она служила источником вдохновения для ведущих мыслителей Китая включая самого Лао-цзы, некоторые изречения которого построены на основе его текста. Конфуций очень тщательно изучал это сочинение, и большинство комментариев, составляющих более поздние слои книги, восходят к его школе. Эти комментарии, называющиеся "Десять Крыльев", содержат структурный анализ гексаграмм наряду с философскими пояснениями.

Основная мысль комментариев конфуцианцев, да и всей "И цзин", заключается в том, что все явления имеют динамический характер. Основное наследие "Книги Перемен" — представление о непрекращающихся превращениях и преобразованиях всего сущего:

"Перемены — это книга,
Которой нельзя чуждаться.
Ее Дао всегда изменяется —
Преобразования, движение без минуты покоя,
Протекающее через шесть пустот,
Поднимаясь и утопая без устойчивой закономерности.
Твердое и податливое сменяют друг друга в одном.
Их нельзя вместить в какое-либо правило,
Здесь действуют лишь перемены" [86, 348].

Глава 8.
ДАОСИЗМ

Из двух основных направлений китайской философии, конфуцианства и даосизма, именно последний представляет собой философию более мистической ориентации, а следовательно, более интересен для нашего сравнения с современной физикой. Подобно индуизму и буддизму, даосизм интересуется скорее интуитивной мудростью, чем рациональным знанием. Признавая ограниченность и относительность рационального мышления, даосизм представляет собой способ избавления от последнего, и в качестве такового может быть сопоставлен с йогой или Ведантой в индуизме, а также с Восьмеричным Путем в буддизме. В контексте китайской культуры даосское освобождение имеет более специфическиий смысл заключающийся в освобождении от строгих правил и общественных регламентаций.

Недоверие к знаниям и способу рассуждений, разделяемых всем обществом, в даосизме проявляется сильнее, чем в какой бы то ни было другой школе восточной философии. Оно основывается на твердой убежденности в том, что человеческий рассудок не может постичь Дао. По словам Чжуан-цзы:

> *"Самые обширные познания могут не принести его постижения; рассуждения не дают людям мудрости в этом. Мудрецы решили отказаться от двух этих методов" [17, гл. 22].*

В книге Чжуан-цзы не один раз отражается даосское презрение к рассуждениям и доказательствам. Так, он пишет:

> *"Собаку не называют хорошей за то, что она громко лает, а человека не называют мудрым за то, что речи его искусны" [17, гл. 24].*

а также:

> *"Спор говорит об отсутствии ясного видения". [17. гл. 21].*

Даосы рассматривали логическое мышление как составную часть искусственно созданного мира человека, наряду с общественным этикетом и нормами морали. Они совершенно не интересовались этим миром, сосредоточив свое внимание на созерцании природы, имевшем целью обнаружить "свойства Дао". Так, они выработали подход, глубоко научный по своему существу, и лишь сильное недоверие к аналитическому методу не позволяло им создавать подлинные научные теории. Однако тщательное наблюдение за природой, соединенное с сильной мистической интуицией, привело даосских мудрецов к поразительным откровениям, справедливость которых подтверждают современные научные теории.

Одно из наиболее важных даосских прозрений заключалось в осознании того обстоятельства, что текучесть и изменчивость внутренне присущи природе. Отрывок из "Чжуан-цзы" отчетливо демонстрирует, что грандиозное значение перемен становится очевидным в результате созерцания мира природы:

> *"В преобразовании и росте всех вещей каждая почка и каждая веточка имеют надлежащую форму. В этом заключены их постепенное созревание и разложение, непрерывный поток преобразований и перемен" [17, гл. 13].*

Даосы рассматривали все природные изменения и качестве динамического чередования двух противоположностей — ИНЬ и ЯН, и таким образом пришли к осознанию того, что любая пара противоположностей представляет собой динамическое единство. Западному человеку сложно свыкнуться с мыслью о внутреннем единстве всех противоположностей. Нам кажется в высшей степени парадоксальным то обстоятельство, что те ощущения и свойства, которые мы всегда считали противоположными, могут, в конечном итоге, оказаться аспектами одного и того же явления. Однако на Востоке всегда существовала уверенность в том, что для достижения просветления нужно "быть вне земных противопоставлений", а в Китае представление о единстве и взаимосвязи противоположностей лежит в самой основе даосской философии. Так, Чжуан-цзы пишет:

> *"Это" одновременно есть "то". "То" одновременно есть "это". ... То обстоятельство, что "это" и "то" перестают быть противоположными, — основное содержание Дао. Это обстоятельство служит центром круговорота бесконечных перемен" [29,112].*

Представление о движении Дао как о последовательном взаимодействии противоположностей послужили обоснованием двум даосским правилам поведения. Они говорят, что если хочешь добиться чего-либо, следует начать с его противоположности. Послушаем Лао-цзы:

> *"Для того, чтобы что-то уменьшить, безусловно, следует сначала увеличить его. Для того, чтобы ослабить, безусловно, следует сначала придать сил. Для того, чтобы низвергнуть, безусловно, сначала следует превозносить. Для того, чтобы взять, сначала, безусловно, следует дать. Это называется утонченной мудростью" [48, гл. 36].*

С другой стороны, если мы хотим сохранить что-либо, мы должны привнести в него какую-то долю его противоположности:

"Будь согнутым, и ты останешься прямым.
Будь незаполненным, и ты останешься полным.
Будь изношенным, и ты останешься новым" [48, гл. 22].

Такой образ жизни ведет мудрец, который достиг более высокого воззрения, той перспективы, с которой ясно воспринимается относительная и полярная взаимосвязь всех противоположностей. И среди них, в первую очередь, находятся понятия добра и зла, соотносящиеся так же, как ЯН и ИНЬ. Признавая относительность этих понятий, а следовательно, и норм морали, даосский мудрец не стремится к добру, а, скорее, старается поддерживать динамическое равновесие между добром и злом. Чжуан-цзы недвусмысленно замечает по этому поводу:

"Высказывания: "Разве не должны мы следовать добру, преклоняясь перед ним и не помышлять о зле?" и "Разве не должны мы поддерживать и почитать тех, кто обеспечивает хорошее управление страной, не иметь ничего общего с теми, кто является причиной беспорядков?" — обнаруживают недостаточное знание принципов Неба и Земли и различных свойств вещей. Это похоже на то, как если бы мы следовали Небу, почитая его, и не обращали внимания на Землю; следовали ИНЬ, почитая его. и не обращали внимания на ЯН. Понятно, что так действовать не следует" [17, гл. 17].

Удивительно, что одновременно с формированием мировоззрения Лао-цзы и его последователей в Китае, в Греции основные идеи, присущие даосизму, проповедовались совершенно независимо, и эта заслуга принадлежит человеку, труды которого дошли до нас лишь в отрывках, и утверждения которого очень часто толковались неправильно. Греческий "даос" — это Гераклит из Эфеса. Общим с идеями Лао-цзы было не только представление о непрерывности изменений, которое выражено в знаменитом афоризме "Все течет", но и уверенность в циклическом характере всех изменений. Гераклит сравнивал мироустройство с "вечно живым пламенем, то возгорающимся, то гаснущим". Этот образ довольно близок к китайским представлениям о Дао, воплощающимся в циклическом чередовании ИНЬ и ЯН.

Несложно понять, почему взгляд на изменения как на динамическое чередование противоположностей привел Гераклита к выводу о том, что все противоположности полярны, а следовательно, едины, что, опять же, объединяет его с Лао-цзы. "Дорога вниз и дорога вверх одна и та же, — утверждает грек. — Бог — это день ночи, зима лета, мир войны, голод насыщения" [44, 105, 184]. Подобно даосам, он говорил о единстве любой пары противоположностей и знал об относительности всех подобных понятий. И вновь слова Гераклита: "Холодные вещи согревают себя, тепло охлаждает, влага сушит, иссушенное становится влажным" [44, 149] напоминают нам слова Лао-цзы: "Простота порождает трудности... отклик делает звук гармоничным, "после" следует за "прежде"" [48, гл. 2].

Удивительно, что значительное сходство мировоззрения двух этих мыслителей шестого века до н. э. не является общепризнанным. Имя Гераклита часто упоминают в связи с идеями современной физики и едва ли хоть однажды — в связи с философией даосизма. Однако сходство взглядов Гераклита и Лао-цзы говорит о том, что мировоззрение греческого философа носило мистический характер. Это обстоятельство позволяет, на мой взгляд, рассматривать параллели между идеями Гераклита и теориями современной физики в более подходящем контексте.

Когда мы говорим о даосском понятии перемен, важно отметить, что любое изменение рассматривается даосами не как результат воздействия какой-то внешней силы, а как проявление внутренне присущей всем вещам склонности изменяться. Движения Дао не навязаны ему извне, они происходят естественно и спонтанно. Спонтанность — это принцип действия Дао, а поскольку человеческое поведение должно следовать Дао, все поступки тоже должны быть спонтанными. Таким образом, для даосов поступать в согласии с природой означает поступать спонтанно и в соответствии со своей истинной сущностью. Это означает доверять своему интуитивному восприятию, которое внутренне присуще человеческому сознанию подобно тому, как способность и склонность изменяться внутренне присуща окружающим нас вещам.

Таким образом, все поступки даосского мудреца спонтанно продолжаются его интуитивной мудростью, не нарушая гармонии с Окружающей средой. Ему не приходится применять принуждение по отношению к себе и другим, он просто соотносит свои поступки с движениями Дао. По словам Хуэй Нань-цзы,

"Те, кто следуют естественному порядку вещей, движутся в общем потоке Дао" [60, 88].

Такое поведение называется даосами у-вэй, что буквально переводится как "недеяние", а в переводе Джозефа Нидэма выглядит как "отказ от деяний, противоречащих природе": это толкование подкрепляется ссылкой на Чжуан-цзы:

"Применять недеяние не значит бездействовать и хранить молчание. Пусть всему будет предоставлена возможность делать то, что назначено ему природой, естественно для него так, чтобы удовлетворялась его природа" [60, 68].

Если отказаться от поступков, противоречащих природе, или, как говорит Нидэм, "не гладить против шерсти", можно обрести согласие с Дао и сделать все свои начинания успешными. В этом и заключается смысл, казалось бы, столь загадочных слов Лао-цзы: "Все может быть сделано при помощи недеяния" [48, гл. 48].

Контраст ИНЬ и ЯН не только является принципом, организующим всю китайскую культуру, но также отражается в двух основных философских направлениях Китая. Конфуцианство отдает предпочтение всему рациональному, мужскому, активному и преобладающему. Даосизм же, напротив, предпочитает интуитивное, женское, мистическое и поддающееся. "Лучшее знание-это незнание о своем знании, — говорит Лао-цзы. — Мудрец занимается своими делами, не прибегая к действию, и учит, не прибегая к помощи слов" [48, гл 71, 72].

Даосы верили, что при том условии, что человек проявляет женственные свойства человеческой природы, ему проще вести полностью уравновешенную жизнь в гармонии с Дао. Этот идеал наиболее исчерпывающим образом описан в следующем отрывке из "Чжуан-цзы" в виде некоего даосского рая:

> *"В древности, когда семена непокоя еще не были посеяны, людям были присущи покой и безмятежность, характерные для всего мироздания. Тогда ИНЬ и ЯН находились в гармонии и покое, их неподвижность и движение сменяли друг друга без каких-либо нарушений, четыре времени года имели свой определенный срок, ни одной вещи не приходилось изведать ущерб, и ни одно живое создание не оканчивало свои дни преждевременно. Люди могли обладать способностями к овладению знаниями. но им не представлялось возможности для их использования. Таким было то, что называют состоянием совершенного единства. В те времена ни с чьей стороны не было действия — только постоянные проявления спонтанности" [17, гл. 16]*.

Глава 9.
ДЗЭН

Когда китайцы впервые познакомились с индийской философией в форме буддизма (произошло это примерно в первом веке н. э.), это знакомство имело два одновременных последствия. С одной стороны, китайские мыслители, побуждаемые переводом на китайский язык буддийских сутр, стали интерпретировать учение индийца Будды в свете своих философских концепций. Это привело к исключительно плодотворному идейному обмену, получившему наилучшее воплощение в учении китайской школы буддизма Хуаянь (санскрит: Аватамсака) и японской школы Кэгон.

С другой стороны, прагматическая сторона китайского образа мышления выделила в учении индийского буддизма его практические аспекты, создав на их основе особую духовную дисциплину под названием "чань", что обычно переводится как "медитация". Примерно в 1200 г. н. э. философия чань стала известна в Японии и развивалась там в качестве живой традиции вплоть до наших дней.

Дзэн представляет собой уникальное смешение философских систем, принадлежащих трем различным культурам. Это типично японский образ жизни, который, тем не менее, включает в себя даосскую любовь к простоте, естественности и спонтанности и всеохватывающий прагматизм конфуцианства.

Несмотря на специфику, дзэн в своей основе — разновидность буддизма, так как его последователи ставят перед собой цели, аналогичные тем, к которым стремился сам Будда — достижение просветления, ощущения, называемого в дзэн "САТОРИ". Переживание просветления — основной момент во всех школах восточной философии, но только в дзэн имеет значение одно лишь просветление, и ни малейшего внимания не уделяется какому-либо истолкованию и объяснению последнего. По словам Судзуки: "Дзэн — это упражнение в просветлении". С точки зрения дзэн, все содержание буддизма сводится к пробуждению Будды и его учению о том, что каждый может достичь пробуждения. Остальная часть доктрины буддизма, содержащаяся в пространных сутрах, рассматривается как дополнительная.

Итак, опыт дзэн — это опыт САТОРИ. и, поскольку этот опыт лежит вне всех категорий мышления, дзэн интересуется абстракциями и построением концепций. Он не располагает специальным учением или философией, формальными символами веры или догмами и утверждает, что именно свобода ото всех установленных убеждений делает его духовное содержание подлинным. Сильнее, чем какая-либо другая школа восточного мистицизма, дзэн убежден в том, что слова не могут выразить высшую истину. Очевидно, это наследие даосизма, характеризовавшегося похожей бескомпромиссностью. "Если один спрашивает о Дао, а другой отвечает ему, — писал Чжуан-цзы, — его не знает ни один из них [17, гл. 22].

И все же знание дзэн может передаваться от учителя к ученику, что и происходило на протяжении многих веков при помощи особых дзэнских методов. В классическом стихотворении дзэн описывается как

"Особое учение вне писаний,
Не основанное на словах и буквах,
Взывающее непосредственно к душе человека,
Прозревающее природу каждого
И позволяющее достичь Буддовости."

Эта техника "непосредственного воззвания" представляет собой специфическую особенность дзэн. Она типична для японского типа мышления — скорее интуитивного, чем интеллектуального и предпочитающего излагать факты без пространных пояснений. Наставников дзэн нельзя было упрекнуть в многословности и склонности к теоретизированию и рассуждениям. Благодаря этому были разработаны методы непосредственного указания истины при помощи внезапных спонтанных реплик или действий, которые делают очевидной парадоксальность понятийного мышления и, подобно уже упоминавшимся мною Коанам, предназначены для того, чтобы остановить мыслительный процесс и подготовить ученика к мистическому восприятию действительности. В следующих образцах коротких бесед между наставником и учеником хорошо виден принцип действия этой техники. В такой ситуации наставники стремятся говорить как можно меньше и отвлечь внимание учеников от абстрактных рассуждений, обратив его на конкретную действительность.

Монах, пришедший просить о наставничестве, сказал Бодхидхарме: "Мое сознание неспокойно. Пожалуйста, успокойте мое сознание.

— Принеси мне сюда свое сознание, — ответил Бодхидхарма, — и я его успокою! — Но когда я ищу свое сознание, — сказал монах, — я не могу найти его. — Вот! — хлопнул в ладоши Бодхидхарма. — Я успокоил твое сознание! [79,87]"

Некий монах сказал Дзёсю: "Я только что пришел в монастырь. Пожалуйста, дайте мне наставление". Дзёсю ответил: "Ты уже съел свою рисовую кашу?". Монах сказал: "Да". Слова Дзёсю: "Тогда тебе лучше пойти и вымыть свою миску" [63,96].

Благодаря этим диалогам становится очевидным еще один аспект дзэн. Просветление в дзэн означает не удаление от мира, а, наоборот, активное участие в повседневных делах. Такой подход очень характерен для китайского образа мышления, в котором значительное внимание уделялось практической, производительной жизни и идее преемственности поколений и для которого монастырский характер индийского буддизма был совершенно неприемлем. Китайские наставники всегда подчеркивали, что чань, или дзэн, — это наши повседневные впечатления, "ежедневное сознание", как утверждал Ма-цзу. Они уделяли наибольшее внимание пробуждению в гуще повседневных дел, не скрывая того, что рассматривают повседневную жизнь в качестве не только средства достижения просветления, но и самого просветления.

САТОРИ в дзэн означает мгновенное восприятие Буддовости всего сущего, и в первую очередь — вещей, дел и людей, принимающих участие в повседневной жизни. Поэтому дзэн, хотя и подчеркивает повседневные нужды, тем не менее, является глубоко мистическим явлением. Живя только настоящим и уделяя все внимание повседневным делам, человек, достигший САТОРИ, каждый миг переживает ощущение чуда и таинственности жизни:

"Как удивительно это, как таинственно!
Я подношу дрова, я таскаю воду" [74, 16]

Таким образом, идеал дзэн заключается в том, чтобы естественно и спонтанно жить своей повседневной жизнью. Когда Бо-чжана попросили дать определение дзэн, он сказал: "Когда голоден — ешь, когда устал — спи". Хотя это кажется простым и очевидным, как многие другие положения дзэн, на самом деле это довольно сложная задача. Достижение первоначальной естественности требует продолжительной работы над собой и может считаться значительным успехом. Согласно известному дзэнскому учению,

"Пока ты не знаком с учением дзэн, горы — это горы, реки — это реки; когда ты изучаешь дзэн, горы перестают быть горами, а реки — реками; но после того, как ты достиг просветления горы — это снова горы, а реки — снова реки".

Интерес дзэн к естественности и спонтанности, безусловно, объясняется его даосским происхождением, но причина этого интереса — одно из положений буддизма. Это уверенность в совершенстве нашей первоначальной сущности, восприятие процесса просветления как возвращения к тому состоянию, в котором мы находимся изначально. Когда дзэнского наставника Бо-чжана спросили о том, как он представляет себе поиски природы Будды, он ответил: "Это похоже на то, как если бы кто-то ездил на быке в поисках этого быка".

Сегодня в дзэн существуют две основные школы, обладающие разными подходами. Школа Риндзай, или "внезапная", использует для обучения коаны, описанные в предыдущей главе, и уделяет основное внимание периодическим беседам ученика с учителем, проходящим в формальной обстановке. Такие беседы называются САНЬДЗЭН, и их основная идея заключается в том, что ученик описывает достигнутое им восприятие КОАНА. Для решения КОАНА необходимы длительные периоды усиленной концентрации, которые в итоге приводят к внезапному прозрению — САТОРИ. Опытный наставник может распознать то состояние ученика, при котором он находится на грани внезапного просветления, и "втолкнуть" его в САТОРИ при помощи неожиданного поступка — удара палкой или крика.

Школа Сото, или "постепенная", избегает шоковых методов Риндзай и ставит своей целью подготовку постепенного созревания дзэн, подобную "весеннему ветерку, ласкающему цветок, помогая ему распуститься" [41, 49]. Применяются две основные формы медитации: "тихую сидячую" и повседневные занятия и работу.
Обе эти школы придают первостепенное значение

ДЗАДЗЭН, то есть сидячей медитации, ежедневно практикующейся в дзэнских монастырях на протяжении нескольких часов. Первое, что узнает новичок, — как занять правильное положение и правильно дышать при медитации. В дзэн направления Риндзай ДЗАДЗЭН используется для того, чтобы подготовить интуитивное сознание к постижению смысла КОАНА, а школа Сото считает его важнейшим методом подготовки созревания ученика и его продвижения к САТОРИ. Более того, ДЗАДЗЭН рассматривается в качестве действительного осознания учеником своей природы Будды; душа и тело сливаются в гармоническом единстве, выше которого нет ничего. Как говорится в одном дзэнском стихотворении,

"Сижу в тишине, ничем не занимаясь.
Приходит весна, и трава растет сама по себе" [79,134].

Так как дзэн утверждает, что просветление может воплощаться в любом повседневном занятии, он оказал огромное влияние на все стороны традиционного образа жизни японцев. Среди них не только искусства (живописи, каллиграфии, садоводства и т.д.), и различные ремесла, но также разнообразие церемоний, например: чаепития и составления букета, воинские искусства стрельба из лука, фехтования и ДЗЮДО. Каждый из этих видов деятельности в Японии называется ДО, то есть Дао, или Путь, к просветлению. Все они исследуют различные аспекты дзэнского мировосприятия и могут использоваться для подготовки слияния индивидуального сознания с высшей реальностью.

Я уже рассказывал о медленных, установленных ритуалом движениях участников чаепития, называемого японцами тя-но ю, о спонтанном росчерке пера или кисти в живописи или каллиграфии, а также о духовном кодексе БУСИДО, "Пути воина". Во всех этих искусствах воплощаются спонтанность, простота и абсолютное присутствие духа, характерные для дзэнского образа жизни. Хотя все они требуют совершенства техники, истинное мастерство достигается только лишь тогда, когда возможности техники исчерпаны, и искусство становится "безыскусным искусством", прямым продолжением подсознания.

Настоящим сокровищем для нас является книга Юджина Херригеля "Дзэн в искусстве стрельбы из лука", содержащая описание одного из таких "безыскусных искусств". Херригель провел в обществе одного прославленного японского мастера более пяти лет, стремясь постигнуть его секреты, и в своей книге он рассказывает о своих собственных впечатлениях. Он пишет, что стрельбу из лука его наставник описывал как религиозный ритуальный танец, исполняемый при помощи спонтанных, не напряженных и не имеющих очевидной цели движений. Ему понадобилось много лет упорных занятий для того, чтобы научиться тому, как натягивать лук "духовно", при помощи некоей разновидности силы, не требующей усилий, и "ненамеренно" спускать тетиву, позволяя выстрелу "отпасть от лучника, подобно созревшему плоду". Эти годы совершенно изменили его личность. Когда лучник достигает верха совершенства, лук, стрела, мишень и он сам сплавляются воедино, и он не стреляет — "это" происходит само по себе.

Херригель дал одно из лучших описаний дзэн, поскольку книга его не содержит никаких рассуждений о последнем.

Глава 10.
ЕДИНСТВО ВСЕГО СУЩЕГО

Хотя духовные традиции, описанные в предыдущих пяти главах, отличаются во многих деталях, их характеризует одно и то же мировоззрение. Оно основано на мистическом, то есть прямом, не опосредованном рассудком восприятии действительности, которое имеет определенное количество характерных черт, не зависящих от того, на каком географическом, историческом и культурном фоне разворачивается данная традиция. Индуист и даос могут выделять разные аспекты этого мировосприятия, японский и индийский буддисты могут поразному описывать свои ощущения, но основные элементы мировоззрения всех этих традиций совпадают. Кроме того, все говорит о том, что эти элементы наличествуют и в мировоззрении современной физики.

Самая важная характерная черта восточного мировоззрения, можно сказать, его сущность, — осознание единства и взаимосвязанности всех вещей и явлений, восприятие всех явлений природы в качестве проявлений лежащего в основе единства. Все вещи рассматриваются как взаимозависимые и нераздельно связанные части этого космического целого, как различные проявления одной и той же высшей реальности. Восточные традиции неоднократно упоминают о высшей, неделимой реальности, воплощениями которой служат все вещи, являясь, таким образом, ее составными частями. В индуизме она называется Брахман, в буддизме — ДХАРМАКАЙЯ, в даосизме — Дао. Поскольку она находится вне всех понятий и категорий, буддисты также называют ее ТАТХАТА, или "таковость":

> *"То, что в душе, называется "таковостью", есть единство множественности вещей, великое всеобъемлющее целое" [2,55].*

В обычной жизни мы не осознаем этого единства, разделяя мир на самостоятельные предметы и события. Безусловно, это разделение помогает нам иметь дело с нашим повседневным окружением, не являясь, тем не менее, фундаментальным свойством действительности. Это абстракция, порожденная нашим разграничивающим и категоризирующим интеллектом. Уверенность в реальности наших абстрактных понятий самостоятельных "вещей" и "событий" — не более, чем иллюзия. Индуисты считают, что эта иллюзия порождена АВИДЬЕЙ, то есть неведением ума, околдованного МАЙЕЙ. Поэтому основной задачей восточных мистических традиций является "исправление" сознания при помощи медитации, которая делает его уравновешенным и спокойным. САМАДХИ, что значит на санскрите "медитация", буквально переводится как "душевное равновесие". Здесь имеется в виду то уравновешенное и безмятежное состояние сознания, при котором становится возможным восприятие принципиального единства Вселенной:

> *"Входя в чистейшее САМАДХИ, обретаешь проницательнейшее прозрение, позволяющее осознать абсолютное единство Вселенной [2, 93].*

Принципиальное единство Вселенной осознается не только мистиками, это — одно из основных открытий, или, вернее сказать, откровений современной физики. Оно становится очевидным уже на уровне атома и делается все более несомненным по мере дальнейшего проникновения в толщу вещества, вплоть до мира субатомных частиц. Сравнивая современную физику с восточной философией, мы будем постоянно обращаться к теме единства всех вещей и событий. Обсуждая различные модели субатомной физики, мы увидим, что они снова и снова воплощают одно и то же прозрение, заключающееся в том, что все составные части материи и основные явления, в которых они принимают участие, взаимосвязанны, родственны и взаимозависимы, что они не могут иметь различную природу, и должны рассматриваться в качестве неотъемлемых частей одного целого.

В этой главе я расскажу о том, как теория, атомных явлений, то есть квантовая теория, обнаруживает принципиальное единство Вселенной, тщательно анализируя процесс наблюдения. Должен заметить, что, хотя я постарался выбросить всю математику и как можно больше упростить анализ, последующие рассуждения могут показаться читателю слишком сухими и техническими. Возможно, к этому лучше подходить как к "йогическому" упражнению, которое, как многие упражнения, использующиеся восточными традициями, не похоже на развлечение, но в результате приводит к глубокому блистательному прозрению сущности вещей. Прежде чем окунуться в среду физики, хотелось бы еще раз напомнить о различии между математическим скелетом теории и ее словесным описанием. Математическая сторона квантовой теории неоднократно подвергалась экспериментальной проверке, и теперь является общепринятым описанием всех атомных явлений — последовательным и непротиворечивым. Однако словесное истолкование квантовой теории не имеет столь твердой почвы под ногами. И действительно, вот уже на протяжении более сорока лет физики не могут остановиться на какой-либо метафизической модели, которая четко соответствовала бы квантовой теории.

Этот рассказ основан на так называемой копенгагенской интерпретации квантовой теории, разработанной в конце двадцатых годов нашего века Бором и Гейзенбергом и до сих пор являющейся наиболее общепринятой моделью. Я буду опираться на описание этой модели, данное в работе Генри Стаппа из Калифорнийского университета и сосредотачивающееся на соответствующих аспектах квантовой теории и на определенной разновидности экспериментальных ситуаций, которая часто встречается в субатомной физике (другие аспекты теории мы будем рассматривать позже) [70, 1303]. Стапп самым очевидным образом доказывает, что одно из следствий квантовой теории

— представление о принципиальной взаимосвязанности всех явлений природы, а также описывает теорию в том контексте, который будет необходим в дальнейшем, при рассмотрении релятивистских моделей субатомных частиц.

Отправной пункт копенгагенской интерпретации — разделение физического мира на наблюдаемую систему ("объект") и наблюдающую систему. Наблюдаемая система может быть атомом, субатомной частицей, атомным процессом и т. д. Наблюдающая система состоит из экспериментального оборудования и одного или нескольких людей-наблюдателей. Значительная сложность заключается в том, что две эти системы рассматриваются совершенно по-разному. Наблюдающую систему описывают в терминах классической физики, что не может быть сделано по отношению к наблюдаемому "объекту" с должной последовательностью. Мы знаем, что классические представления неадекватны на уровне атома, но пользуемся ими для описания экспериментов и подведения итогов. И нет возможности избежать этого парадокса. Технический язык классической физики — лишь очищенный и усовершенствованный повседневный язык, и для описания результатов экспериментов мы не располагаем ничем иным.

Квантовая теория описывает наблюдаемые системы в терминах вероятностей. Это значит, что мы никогда не можем с точностью утверждать, где будет находиться в определенный момент субатомная частица и каким образом будет происходить тот или иной атомный процесс. Все, что мы можем сделать, это предсказать вероятности. Например, большинство частиц, известных в настоящее время, неустойчивы, то есть они, по прошествии определенного времени, распадаются, или "разлагаются", на другие частицы. И точно сказать, когда это произойдет, нельзя. Мы можем только предсказать вероятность распада частицы по прошествии определенного времени, то есть указать среднюю продолжительность существования большей части частиц какой-то определенной разновидности. То же самое можно сказать о "способе" распада. Как правило, частица может распасться на различное количество разнообразных частиц, и снова мы не можем предугадать, какие именно частицы станут продуктом распада исходной частицы. Единственное, что мы можем сказать, это то, что из некоторого большого количества частиц, скажем, шестьдесят процентов частиц распадутся одним образом, еще тридцать — другим, и, наконец, еще десять процентов — третьим. Понятно, что для того, чтобы проверить истинность таких статистических выкладок, нужно произвести множество измерений. И это действительно так — ведь для того, чтобы произвести один эксперимент в области физики высоких энергий, фиксируются и подвергаются анализу десятки тысяч столкновений частиц, и только тогда можно определить вероятность какого-либо процесса.

Важно осознать, что статистические формулировки законов атомной и субатомной физики не отражают нашего незнания физической ситуации, как в случае с использованием вероятностей страховыми компаниями или игроками в азартные игры. В квантовой теории вероятность следует воспринимать как основополагающее свойство атомной действительности, управляющее ходом всех процессов и даже существованием материи. Субатомные частицы не столько существуют в определенное время в определенных местах, сколько "могут существовать", а атомные явления не столько происходят определенным образом в определенные моменты времени, сколько "могут происходить".

Так, мы не можем точно сказать, где в данный момент находится электрон данного атома. Его местонахождение зависит от действия силы притяжения ядра и воздействия других электронов того же атома. Эти обстоятельства создают вероятностную модель местонахождения электрона в различных областях атома. Иллюстрация на рис. 9 может служить примером нескольких вероятностных моделей. Электрон, вероятнее всего, находится там, где фон светлый, и, менее вероятно, там, где фон темный. Очень важный момент — то, что весь паттерн соответствует одному электрону в данный момент. Внутри паттерна мы не можем указать конкретное местонахождение электрона, мы можем лишь с какойто вероятностью указать область его пребывания. На языке формальной математики эти тенденции, или вероятности, выражаются вероятностной функцией — математической величиной, характеризующей вероятности местонахождения электрона в разных точках в разное время.

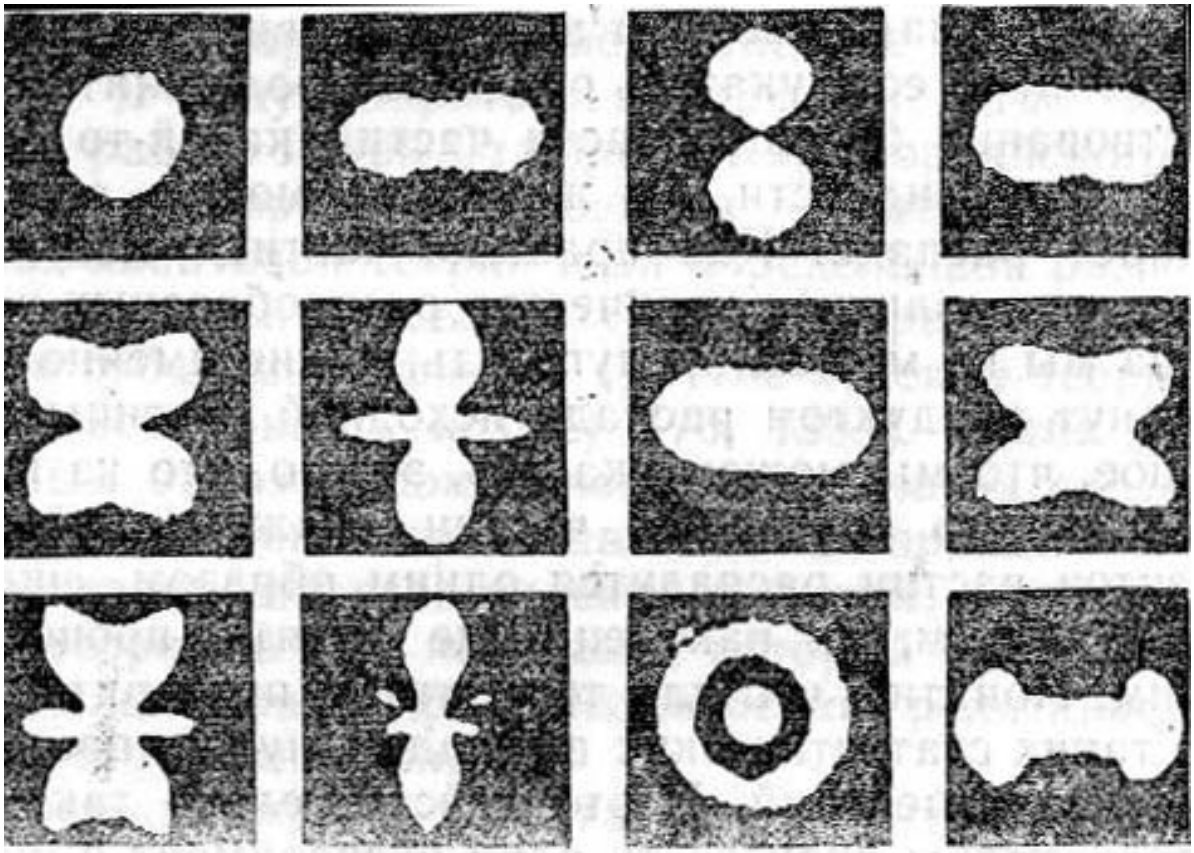


Рис. 9. Визуальные модели вероятных паттернов

Контраст между двумя типами описания — классические термины для подготовки эксперимента и вероятностные функции для наблюдаемых объектов — приводит к серьезным метафизическим проблемам, которые до сих пор остаются нерешенными. Тем не менее, на практике эти проблемы попросту обходят, описывая наблюдающую систему в операциональных терминах, то есть в терминах предписаний, позволяющих ученым подготовить и провести эксперимент. Благодаря этому измерительные приборы и сами ученые представляют собой единую комплексную систему, которая не делится на самостоятельные, четко определенные части. Поэтому не нужно описывать экспериментальное оборудование как систему самостоятельной физической природы.

Для дальнейшего описания процесса наблюдения мы приведем конкретный пример с простейшей физической единицей — субатомной частицей, такой, как электрон. Если мы задались целью наблюдать и измерять такую частицу, нам сначала придется ее изолировать или даже создать в процессе того, что называется подготовкой эксперимента. После того, как частица готова для наблюдения, можно измерить ее характеристики, и в этом состоит процесс измерения. Можно символически описать ситуацию следующим образом. Частицу А готовят в точке А, затем она перемещается из А в В и подвергается измерениям в точке В. На практике и подготовка. и измерение частицы могут представлять собой целый ряд довольно сложных процессов. Так, например, в физике высоких энергий при подготовке столкновений частиц частицы-снаряды разгоняются, вновь и вновь двигаясь по круговой дорожке, до тех пор, пока их энергия не возрастет до нужного уровня. Этот процесс происходит в ускорителе частиц. Когда необходимое количество энергии приобретено, частицы покидают ускоритель (А) и перемещаются в район мишени (В), где сталкиваются с другими частицами. Столкновения происходят в пузырьковой камере: частицы оставляют видимые следы, которые потом фотографируются. Подвергая математическому анализу следы частиц, ученые могут говорить о свойствах частиц; при этом часто используют компьютеры: анализ очень сложен. Все эти процессы составляют акт измерения.

Важным моментом является то, что частица — это промежуточная система между процессами в точках А и В. Она существует и имеет смысл только в этом контексте — не как самостоятельная единица, а как промежуточное звено между процессами подготовки и измерения. Свойства частицы нельзя определить независимо от этих процессов. Если в подготовку эксперимента вносятся изменения, свойства частицы тоже изменяются.

С другой стороны, если мы говорим о "частице" или какой либо другой наблюдаемой системе, мы, очевидно, подразумеваем, что существует некоторая самостоятельная единица, которую сначала подготавливают, а потом измеряют. Основная проблема наблюдения в атомной физике, по словам Генри Стаппа, заключается в том, что "наблюдаемая система должна быть изолированной, чтобы ее можно было определить, и, в то же время, взаимодействующей для того, чтобы ее можно было наблюдать" [70, 1303]. Квантовая теория решает эту проблему прагматическим образом, выдвигая требование, которое заключается в том, что наблюдаемая система должна быть

свободна от внешних воздействий, вызванных процессом наблюдения, на протяжении определенного периода времени между подготовкой и последующим измерением. Это возможно в том случае, если подготавливающие и измеряющие приспособления находятся на большом физическом удалении, так что наблюдаемый объект может переместиться из точки подготовки в точку измерения.

Рис. 10. Наблюдение частицы в атомной физике

Насколько же большим должно быть пространство между приборами и объектом? В принципе, оно должно быть бесконечно большим. В рамках квантовой теории, понятие самостоятельной физической единицы четко определено только при том условии, что эта единица достаточно удалена от средств наблюдения. На практике это невозможно, да и не нужно. Здесь нам следует не забывать об основном принципе современной науки — принципа относительности всех понятий и теории. В данном случае это означает, что понятие самостоятельной физической единицы не обязательно должно быть четко определено: достаточно приблизительного определения. Это делается следующим образом. Наблюдаемый объект — это воплощение взаимодействия между процессами подготовки и измерения. Как правило, это взаимодействие носит сложный характер и состоит из различных эффектов, действующих на различных расстояниях — имеет различные "ранги", как говорили физики. Теперь, если наиболее важная часть взаимодействия имеет длинный ранг, проявление этого эффекта с длинным рангом переместится на большое расстояние. В таком случае оно будет свободно от внешних воздействий и сможет рассматриваться в качестве самостоятельной физической единицы. Поэтому в рамках квантовой теории все самостоятельные физические единицы представляют собой идеальные модели, имеющие значение лишь при таком условии, что основная часть взаимодействия характеризуется длинным рангом. Подобную ситуацию можно четко определить с математической точки зрения. В физическом отношении она объясняется тем, что измерительные приборы находятся настолько далеко, что в основном взаимодействуют не с исходной, то есть подготовленной частицей, а с частицей или, в более сложных случаях, целой цепочкой частиц, возникшей при участии исходной частицы. Безусловно, помимо этого основного эффекта, будут присутствовать и другие, но ими можно пренебречь в силу достаточного удаления измерительных приборов. Только если приборы не удалены на достаточное расстояние, становятся важными и эффекты короткого ранга. В этом случае вся макроскопическая система образует единое целое, и понятие изолированного объекта утрачивает смысл.

Так, квантовая теория свидетельствует о принципиальном единстве Вселенной. Она показывает, что нельзя разложить мир на независящие друг от друга мельчайшие составляющие. В послесловии мы более подробно поговорим об этой квантовой взаимосвязанности в терминах "нелокальных" соединений, постулированных теоремой Белла. Углубляясь в толщу материи, мы обнаруживаем, что она состоит из частиц, которые, тем не менее, не похожи на "строительные кирпичики" в понимании Демокрита и Ньютона. Это просто идеальные модели, удобные с практической точки зрения, но лишенные фундаментального знания. По словам Нильса Бора, "изолированные материальные частицы — это абстракции, свойства которых могут быть определены и зафиксированы только при их взаимодействии с другими системами" [6,57].

Копенгагенская трактовка квантовой теории не является общепринятой. Было выдвинуто несколько альтернативных вариантов интерпретации, и возникающие при этом философские проблемы еще очень далеки от решения. И все же всеобщая взаимосвязанность всех вещей и событий, очевидно, принципиально присуща атомной действительности, несмотря на разнообразие интерпретаций математического содержания теории. Следующий отрывок из недавней публикации Дэвида Бома, одного из главных оппонентов копенгагенской трактовки, красноречиво свидетельствует об этом:

"Возникает новое представление о неразрывном единстве, отрицающее классические понятия о том, что мир можно разложить на самостоятельные, не зависящие друг от друга части... Общепринятые классические понятия о том, что фундаментальной реальностью являются именно эти независимые "элементарные составные части" мира и что самые разнообразные системы возникают вследствие различных соединений и взаиморасположений этих частей, превращаются в свою противоположность, что неделимое квантовое единство всей Вселенной является наиболее фундаментальной реальностью, а эти относительно независимые составные части — только лишь частные единичные формы внутри этого единства" [5, 96].

Итак, на уровне атома твердые материальные объекты классической физики превращаются в вероятностные схемы, которые, к тому же, отражают не столько вероятности вещей, сколько вероятности соединений между ними. Квантовая теория заставляет нас взглянуть на мир не как на коллекцию физических объектов, а как на сложную сеть взаимоотношений различных частей единого целого. И в то же время именно так всегда воспринимали мир восточные мистики, и высказывания некоторых из них почти полностью совпадают со словами атомных физиков. Вот два примера:

"Материальный объект превращается в нечто отличное от того, что мы видим перед собой в настоящий момент, это не самостоятельный объект на фоне или в окружении остальной природы, а неотъемлемая часть и сложное проявление единства всего того, что мы видим" [3,993].

"Вещи получают свое существование и свою природу посредством взаимозависимости и не являются ничем сами по себе" [59, 138].

Если эти утверждения могут служить образцом того, какой представляется природа восточным мистикам, то два следующих утверждения, сделанных атомными физиками, могут рассматриваться в качестве точного описания мистического мировосприятия:

"Любая элементарная частица — это не независимая неразложимая на части единица. В сущности, это набор отношений, связывающих частицу с внешним миром" [70, 1310].

"Таким образом, мир предстает перед нами в качестве сложной ткани из различных событий, в которой соединения различных типов чередуются, накладываются друг на друга или сочетаются, определяя таким образом структуру целого" [34, 107].

Образ переплетенной космической сети, порожденной исследованиями современной атомной физики, широко использовался на Востоке для того, чтобы охарактеризовать мистическое восприятие природы. Для индуистов Брахман — это основная нить космической сети, конечная основа всего сущего:

"Тот, вокруг кого сплетаются небо, земля и атмосфера,
И ветер, с дыханием всего живого.
Его лишь знай как единственную Душу".

"Мундака Упанишада", 2. 2. 5.

В буддизме образ космической сети играет еще более важную роль. Основное содержание "Аватамсакасутры" (см. гл. 6) — описание мира как совершенной сети взаимоотношений, в которой все вещи и явления взаимодействуют друг с другом бесконечно сложным образом. Буддизм Махаяны располагает большим количеством притч и сравнений, иллюстрирующих эту вселенскую взаимосвязанность, некоторые из которых мы будем обсуждать в дальнейшем в связи с релятивистской версией "философии сети" в современной физике.. И наконец, космическая сеть играет главную роль о тантрическом буддизме, одно из течений Махаяны, возникшем в Индии примерно в третьем веке н. э. и представляющем собой основную школу тибетского буддизма на данный момент. Сочинения этой школы называются тантрами (санскритский корень этого слова означает "ткать"). Это название должно указывать на взаимопереплетенность и взаимозависимость всех вещей и явлений.

В восточном мистицизме эта вселенская взаимопереплетенность всегда включает и человека-наблюдателя вместе с его сознанием, и то же самое можно сказать об атомной физике. На уровне атома "объекты" могут быть поняты только в терминах взаимодействия между процессами подготовки и наблюдения. Конечным звеном цепочки всегда будет человеческое сознание. Измерения — это такие взаимодействия, которые порождают определенные "ощущения" в нашем сознании — например, зрительное ощущение вспышки света или темного пятнышка на фотографической пластинке — а законы атомной физики говорят нам, с какой вероятностью будет атомный объект порождать определенное ощущение если мы позволим ему взаимодействовать с нами. "Естественные науки, — говорит Гейзенберг, — не просто описывают и объясняют явления природы; это часть нашего взаимодействия с природой" [34, 81].

Определяющей чертой атомной физики является то, что человек-наблюдатель необходим не только для того, чтобы наблюдать свойства объекта, но и для того, чтобы дать определение самим этим свойствам. В атомной физике мы не

можем говорить о свойствах объекта как таковых. Они имеют значение только в контексте взаимодействия объекта с наблюдателем. По словам Гейзенберга, "то, с чем мы имеем дело при наблюдении, это не сама природа, но природа, доступная нашему методу задавать вопросы" [34, 58]. Наблюдатель решает, каким образом он будет осуществлять измерения, и в зависимости от его решения получают характеристику свойства наблюдаемого объекта. Если эксперимент проводится по-другому, то свойства наблюдаемого объекта тоже изменяются.

Приведем несложный пример с субатомной частицей. Наблюдая такую частицу, можно захотеть измерить, среди других свойств, положение частицы и ее импульс (величину, определяющуюся произведением массы частицы на ее скорость). В следующей главе мы увидим, что один из важных законов квантовой теории, принцип неопределенности Гейзенберга, свидетельствует, что эти две величины не могут быть одновременно измерены с одинаковой точностью. Мы можем или получить точные сведения о местонахождении частицы и при этом не знать ничего о ее импульсе (а следовательно, и скорости), или наоборот: либо же обе величины будут охарактеризованы грубо и неопределенно. Важным моментом является то, что это ограничение не имеет никакого отношения к несовершенству наших измерительных приборов. Это принципиальное ограничение, обусловленное самой природой атомной действительности. Если мы собираемся точно определить местонахождение частицы, она просто НЕ ИМЕЕТ определенного импульса, а если мы хотим измерить импульс, она не имеет точного местонахождения.

Следовательно, в атомной физике ученый не может играть роль стороннего наблюдателя, он обречен быть частью наблюдаемого им мира до такой степени, что он сам воздействует на свойства наблюдаемых объектов. Джон Уилер считает, что активное участие наблюдателя — самая важная особенность квантовой теории, и предлагает поэтому заменить слово "наблюдатель" словом "участник". По словам самого Уилера,

> *"Самое важное в квантовом принципе — это то, что он разрушает представление о мире. "бытующем вовне", когда наблюдатель отделен от своего объекта плоским стеклянным экраном толщиной в двадцать сантиметров. Даже для того, чтобы наблюдать такой крошечный объект, как электрон, приходится разбить стекло. Наблюдатель должен забраться под стекло сам, разместить там свои измерительные приборы. Он должен сам решить, что измерять — импульс или местонахождение. Если ввести туда оборудование, способное измерить одну из этих величин, это исключит возможность размещения аппаратуры, способной измерить другую. Более того, в процессе измерения изменяется состояние самого электрона. После этого Вселенная никогда не станет такой, какой она была раньше. Для того, чтобы описать то, что происходит, нужно зачеркнуть слово "наблюдатель" и написать "участник". В каком-то непредвиденном смысле, наша Вселенная — это участвующая Вселенная" [56, 244].*

Идея "соучастия вместо наблюдения" была сформулирована современной физикой совсем недавно, однако она хорошо знакома всем последователям мистицизма. Нельзя приобрести мистическое знание путем простого наблюдения — необходимо участвовать в процессе постижения истины всем своим существом. Понятие участника является ключевым для мистицизма Востока. Используя его, мистики приходят к выводу о том, что наблюдатель и наблюдаемое, субъект и объект не только не могут быть разделены — они просто неотличимы друг от друга. Их не устраивает такая ситуация, которая к настоящему времени возникла в атомной (физике и при которой наблюдатель и наблюдаемое не могут быть разделены, но сохраняют отличия друг от друга. Они идут дальше, и при помощи глубокого погружения в медитацию достигают состояния, при котором отличия наблюдателя от наблюдаемого исчезают, не оставляя малейшего следа, а субъект и объект сливаются в единое неразделимое целое. Так, в Упанишадах говорится:

> *"Там, где существует двойственность, как и раньше, один видит другого; воспримлет его запах и вкус... Однако там, где все обрело сущность своего собственного "я", кого и каким образом можно увидеть? Каким образом и чей запах можно ощутить? Каким образом и чей вкус?"*
>
> *"Брихадараньяка Упанишада", 4, 5, 15.*

Так выглядит полное осознание единства всего сущего. Оно достигается, как утверждают мистики, в таком состоянии сознания, когда индивидуальность растворяется в недифференцированной цельности, когда созерцатель выходит за рамки человеческих чувств, и представление о "вещах" остается позади. По словам Чжуан-цзы,

> *"Исчезает моя связь с телом и его частями. Отбрасываются за ненадобностью мои органы чувств. Таким образом, покидая свою материальную оболочку и прощаясь со своим знанием, я сливаюсь с Великим Проникновением. Это я и называю: сидеть, забыв обо всем" [17, гл 6].*

Безусловно, современная физика работает в совершенно иных рамках и не может настолько далеко углубиться в переживание единства всех вещей. Однако ее теория атома — большой шаг в сторону мировоззрения восточного мистицизма. Квантовая теория опровергла представления об объектах, обладающих фундаментальной независимостью друг от друга, ввела понятие "участник" вместо понятия "наблюдатель" и даже, возможно, потребует включить в свое описание мира человеческое сознание (об этом мы поговорим в главе 18). Она стала рассматривать Вселенную в качестве переплетающейся сети физических и психологических взаимоотношений, части которой могут быть определены только в терминах их связей с целым. Для того, чтобы кратко охарактеризовать мировоззрение атомной физики, наилучшим образом подходят слова тантрийского буддиста Ламы Ангарики Говинды:

"Буддист не верит в существование независимого или самостоятельного внешнего мира, динамические силы которого воздействуют на людей. Для него внешний мир и внутренний мир его души — единое целое, две стороны одной материи, в которой нити всех сил и всех явлений, всех форм сознания и их объектов сплетаются в неразделимую сеть бесконечных, взаимно обусловленных отношений" [31, 93].

Глава 11.
ЗА ПРЕДЕЛАМИ МИРА ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЙ

Когда восточные мистики говорят о том, что они воспринимают все вещи и явления как проявление лежащей в основе целостности, это значит, что они считают все вещи одинаковыми. Признавая индивидуальность вещей, они, в то же время, сознают, что все отличия и контрасты относительны внутри всеобъемлющего единства. Поскольку в нашем обычном состоянии сознания очень сложно согласиться с тем, что все противоположное образует единое целое, это утверждение — одно из самых парадоксальных во всей восточной философии. Тем не менее, эта уверенность лежит в основе всего восточного мировоззрения.

Противоположности — это абстрактные понятия из области мышления, что обуславливает их относительный характер. Противопоставление возникает в тот самый момент, когда мы сосредотачиваем внимание на любом единичном понятии Как говорит Лао-цзы, "когда все на свете признают прекрасное прекрасным, тогда существует и уродство: когда все на свете признают добродетель добром, тогда существует зло" [48, гл. 1]. Мистики покидают пределы мира интеллектуальных понятий, и благодаря этому создают относительность и полярное соотношение всех противоположностей. Они видят, что хорошее и плохое, удовольствие и боль, жизнь и смерть — не абсолютные категории, а только две стороны одной и той же действительности. Одна из высших целей человека в духовных традициях Востока — осознание того факта, что все противоположности полярны, а значит — едины. Кришна в "Бхагавадгите" советует: "Пребывай в вечной истине, вне земных противопоставлений!", и точно такой же совет получают буддисты. Так, Д. Т. Судзуки пишет:

> *"Фундаментальное положение буддизма — необходимость выйти за пределы мира противоположностей; мира, построенного интеллектуальными разграничениями и эмоциональными омрачениями, и осознать духовный мир неразличения, который предполагает достижение абсолютной точки зрения" [71, 18].*

Абсолютная точка зрения, возможная в мире АЧИНТЬИ, или "не-мысли", в котором единство противоположностей становится очевидным и наглядным, играет исключительную роль во всем учении буддизма, как и во всех остальных мистических традициях Как говорится в одном дзэнском стихотворении.

> *"В сумерках петух возвещает о приходе рассвета, в полдень — о появлении яркого солнца" [79, 117].*

Представление о том, что все противоположности полярны — что свет и тьма, приобретение и потеря, добро и зло — лишь различные объекты одного и того же явления — — определяет характер всего восточного образа жизни. Поскольку все противоположности связаны между собой, их борьба не может завершиться победой одной из них и будет лишь проявлением их взаимодействия. Поэтому на востоке добродетельным называют не того, кто ставит перед собой невыполнимую задачу бороться за добро и уничтожать зло; скорее, того, кто способен поддерживать динамическое равновесие между добром и злом.

Это понятие динамического равновесия играет ключевую роль в представлении восточных мистиков о единстве противоположностей. Это не неподвижное, постоянное равенство, а динамическое чередование двух крайностей. Наилучшее выражение это представление получило в символике архетипической пары противоположных начал: ИНЬ и ЯН. Китайские мыслители называли это единство, лежащее в основе ИНЬ и ЯН — Дао, и рассматривали его как процесс, приводящий к чередованию этих начал: "То, что позволяет явиться то мраку, то свету, и есть Дао" [86, 297].

Динамическое единство полярных противоположностей можно проиллюстрировать при помощи простого примера с движением по кругу и его проекцией па прямую. Представим, что по кругу движется шар. Его движение, будучи спроектировано на экран, приобретает характер колебания между двумя точками. (Для того чтобы усилить сходство с китайской философией, я написал в центре круга "ДАО", а крайние точки отметил словами "ИНЬ" и "ЯН"). Шар движется по окружности с постоянной скоростью, однако на проекции его скорость замедляется возле крайних точек, затем начинается в противоположном направлении, становится максимально быстрой в середине и вновь замедляется на краю, и этих кругов может быть бесконечно много. На такой проекции движение по кругу выглядит как колебания между двумя противоположными точками, однако само движение объединяет противоположности и происходит как бы без их участия. Этот образ динамического объединения противоположностей часто использовался китайскими мыслителями. Так, в уже приводившемся отрывке из "Чжуан-цзы" говорится (см. гл. 8):

> *"То обстоятельство, что "это" и "то" перестают быть противоположными, — основное содержание Дао. Это обстоятельство служит центром круговорота бесконечных перемен".*

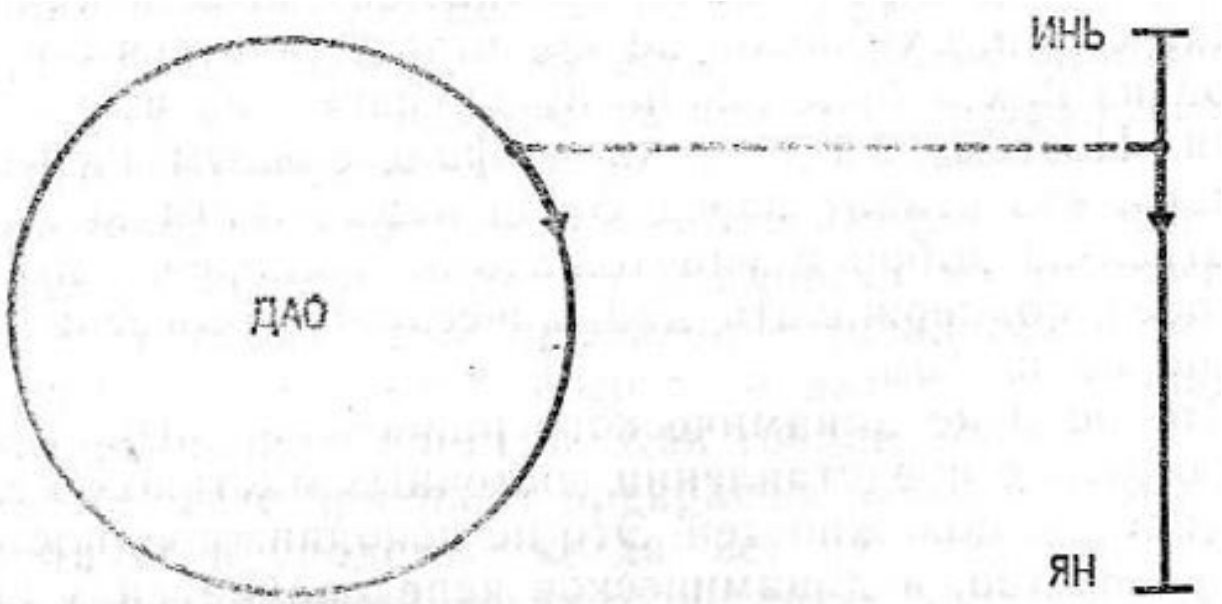


Рис. 11. Динамическое единство полярных противоположностей

Одно из важнейших жизненных противопоставлений — это противопоставление мужской и женской человеческой природы. Так же, как в случае с добром и злом или с жизнью и смертью, это противопоставление не дает нам покоя, и в результате мы стремимся к тому, чтобы преобладала та или иная сторона нашего собственного характера. На Западе общество всегда ценило в большей мере те качества и свойства, которые характерны для мужчин, чем для женщин. Вместо того, чтобы признать, что личность каждого человека есть результат чередования мужских и женских элементов, наши предки пришли к выводу о мужественности всех мужчин и женственности всех женщин, что сразу же отдало все общественные привилегии и ведущие роли мужчинам. Такой подход — чрезмерное преклонение перед мужскими аспектами природы человека (аспектами ЯН): перед деятельностью, рациональным мышлением, соперничеством, агрессивностью и т. д. В нашем обществе с мужской ориентацией постоянно подавлялись женские состояния сознания (состояния ИНЬ), которые можно описать при помощи слов интуитивное, религиозное, мистическое, оккультное или психическое.

Восточный мистицизм стремится развить эти состояния сознания и установить равновесие между двумя сторонами человеческой души. По словам Лао-цзы, наилучшим способом реализует себя тот человек, который "познает мужественное и все же остается женственным". Во многих восточных традициях главной целью медитации является достижение динамического равновесия между двумя сторонами человеческой души, что находит отражение в произведениях искусства. Возьмем, например, величественную статую Шивы в индуистском храме Элефанты. Божество, изображенное на ней, трехлико: справа находится мужской профиль, олицетворяющий мужество и силу воли; слева — женский, символизирующий мягкость, очарование и привлекательность; в середине же возвышается чело Шивы Махешвары, Великого Господина — олицетворение высшего единства двух этих аспектов. Другое изображение Шивы в том же храме выглядит следующим образом: половина тела божества принадлежит его женской ипостаси. другая половина — мужской. Плавное движение тела божества и отрешенность его/ее лица символизирует динамическое объединение мужского и женского начал.

В тантрическом буддизме для обозначения полярности мужского и женского начал часто используются сексуальные символы. Интуитивная мудрость рассматривается в качестве пассивного, женского свойства человеческой души, любовь и сострадание — в качестве мужского, активного свойства, а объединение этих двух начал — в момент просветления изображения при помощи экстатических сексуальных объятий мужского и женского божеств. Восточные мистики утверждают, что подобное единство мужского и женского модусов может быть пережито человеком только на более высоком уровне сознания, которое находится вне области мышления и речи, и где все противоположности проявляются как некое динамическое единство.

Я уже говорил, что современная физика уже достигла такого уровня. В результате изучения субатомного мира была открыта реальность, во многом не подчиняющаяся законам мышления и речи, и одним из самых удивительных ее свойств было то, что понятия, которые до этого представлялись противоположными и даже непримиримыми, обнаружили свое единство. Как правило, эти, казалось бы, непримиримые понятия мало интересуют восточных мистиков (хотя иногда это бывает так), однако их объединение на необычном уровне сознания говорит о сходстве с восточным мистицизмом. Поэтому некоторые религиозные учения Дальнего Востока могут быть более доступны для физиков, если те будут стараться соотнести их со своими знаниями из области физики. Небольшое, однако постоянно растущее число молодых физиков уже обнаружило преимущества такого подхода к восточному мистицизму.

Пример объединения противоположных концепций в современной физике можно видеть на субатомном уровне, где частицы одновременно разрушимы и неразрушимы, где вещество одновременно прерывисто и непрерывно, а сила и вещество являются лишь двумя равноправными аспектами одного и того же явления. На всех этих примерах, которые мы будем подробно обсуждать в последующих главах, видно, что системы, состоящие из двух противоположных понятий, представление о которых мы получаем в своей повседневной жизни, не могут быть применены к миру частиц. Для описания мира частиц очень важна теория относительности, которая выходит за пределы противопоставлений, перемещаясь в более высокое измерение — в четырехмерное пространство-время. Два этих понятия — пространство и время — всегда казались ученым совершенно самостоятельными, однако релятивистская физика объединила их. Это основополагающее единство является основой для объединения всех противопоставленных понятий. Подобно единству противоположностей в восприятии мистика, оно существует в "более высокой плоскости", т. е. в более высоком измерении, и является динамическим единством — ведь релятивистская реальность пространства-времени — это реальность, которой внутренне присуща динамичность: здесь объекты одновременно являются процессами, и все формы суть динамические паттерны.

Нам не требуется прибегать к помощи теории относительности для того, чтобы понять, как, казалось бы, отдельные единичности могут объединяться в более высоком измерении. Ведь мы знаем, что происходит при переходе из одного измерения в два или из двух — в три. Возьмем пример с проецированием движения по кругу, приведенный на рис. 11. На этом примере мы видим, что кратчайшие точки колебаний в одном измерении (вдоль прямой линии) объединяются при движении по кругу в двух измерениях (на плоскости). На рис. 12 мы видим случай перехода из двух измерений в три. Здесь изображен "бублик", рассеченный горизонтальной плоскостью. В двух измерениях этой плоскости два круглых сечения представляются совершенно самостоятельными фигурами, однако в трехмерном они оказываются частями одного и того же предмета. Точно таким же образом теория относительности, переходя от трехмерного пространства к четырехмерному, объединяет две физические сущности, которые кажутся нам самостоятельными и не имеющими ничего общего. В четырехмерном мире релятивистской физики сила и материя объединяются, и материя может представляться в виде ограниченных в определенных объемах частиц или протяженного, не ограниченного поля. Однако в этих случаях нам уже гораздо сложнее представить все это зрительно. Физики могут воспринимать четырехмерный пространственно-временной мир при помощи языка абстрактной математики своих теорий, но их возможности зрительного восприятия столь же ограничены, как и у всех нас, пределами трехмерного мира чувственного восприятия. Наш язык и схемы мышления сформировались в этом трехмерном мире, и поэтому нам так сложно представить себе четырехмерную реальность релятивистской физики.

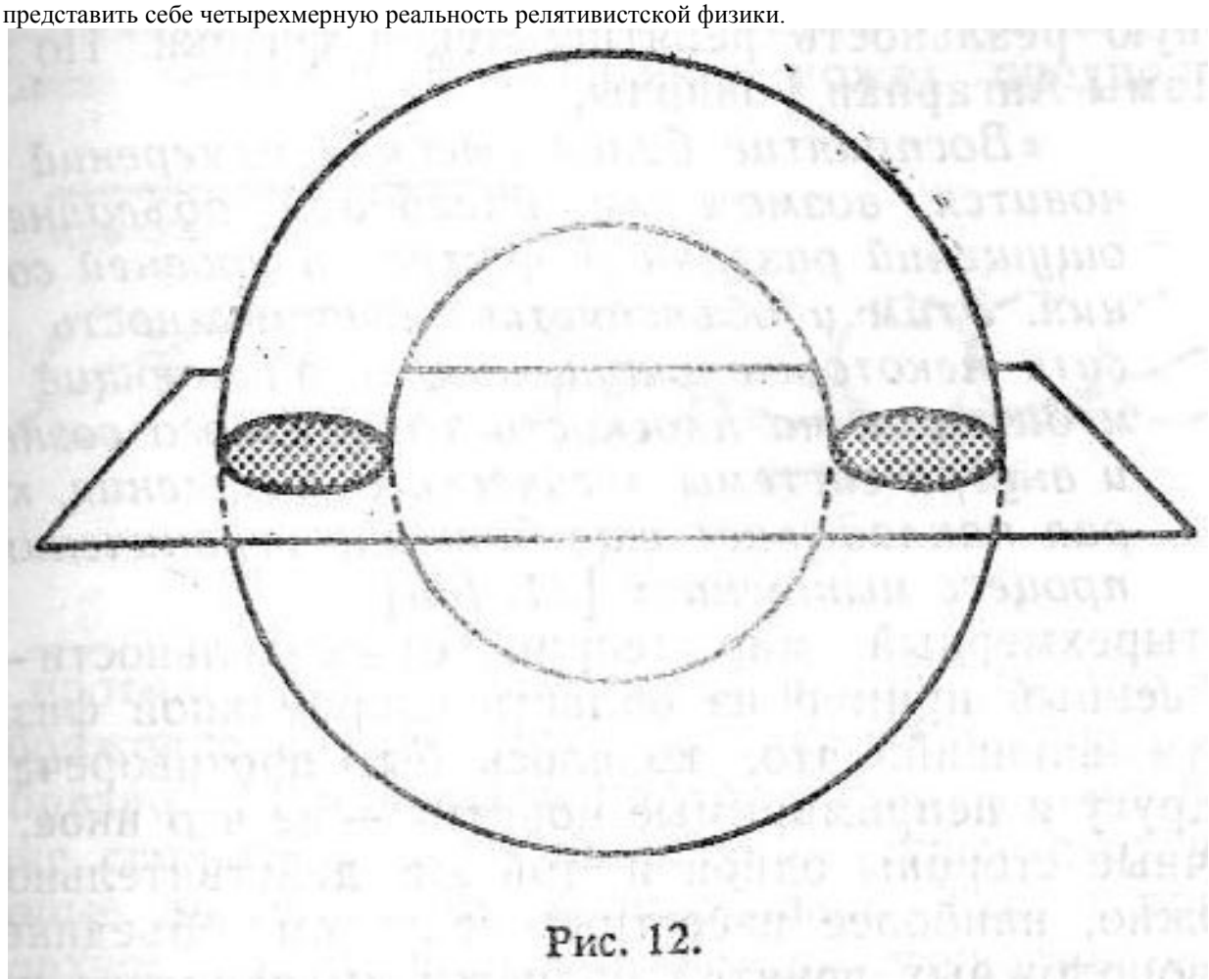


Рис. 12.

Восточным мистикам, напротив, удается воспринимать реальность более высоких измерений непосредственно и конкретно. В состоянии глубокой медитации они могут покинуть трехмерный мир повседневной жизни и обратиться к

совершенно иной реальности, объединяющей все противоположные понятия в единое целое. Когда мистики пытаются выразить это переживание в словах, перед ними встают те же проблемы, с которыми сталкиваются физики, стремящиеся истолковать многомерную реальность релятивистской физики. По словам Ламы Ангарики Говинды,

> *"Восприятие более высоких измерений становится возможным благодаря объединению ощущений различных центров и уровней сознания. Этим и объясняется невозможность описать некоторые ощущения, возникающие при медитации, на плоскости трехмерного сознания и внутри системы логического мышления, которая накладывает еще большие ограничения на процесс мышления" [31,136].*

Четырехмерный мир теории относительности — не единственный пример из области современной физики, обнаруживающий, что, казалось бы, противоречащие друг другу и непримиримые понятия — не что иное, как различные стороны одной и той же действительности. Возможно, наиболее известным случаем объединения противоположных понятий является объединение понятий "волны" и "частицы" в современной физике.

На уровне атома материя имеет двойственный аспект; он проявляется как частицы и как волны. Конкретная ситуация проявляет тот или иной аспект. Иногда проявляются свойства частицы, иногда — свойства волны; подобная двойственность физической природы характеризует так же все формы электромагнитного излучения, включая свет. Последний, например, может испускаться и поглощаться в виде "квантов", или фотонов, но когда эти частицы, из которых состоит свет, перемещаются в пространстве, они проявляются в виде колеблющихся электромагнитных и магнитных полей, обнаруживающих все характерные свойства волн. Электроны обычно считаются частицами, однако если направить узкий поток этих частиц в узкую щель, он дефрагирует точно так же, как луч света, то есть электроны тоже могут обнаруживать свойства волн (см. рис. 5). Двойственность материи и излучения стала поразительным и непонятным свойством природы, создав многие "квантовые КОАНЫ", лежащие в основе квантовой теории. Волна, распространяющаяся на большие расстояния, и частица, имеющая более или менее определенное местонахождение в пространстве, значительно отличаются друг от друга. Физики долго не могли признать, что материя может проявляться, казалось бы, во взаимоисключающих формах, и что частицы одновременно являются волнами, а волны — частицами.

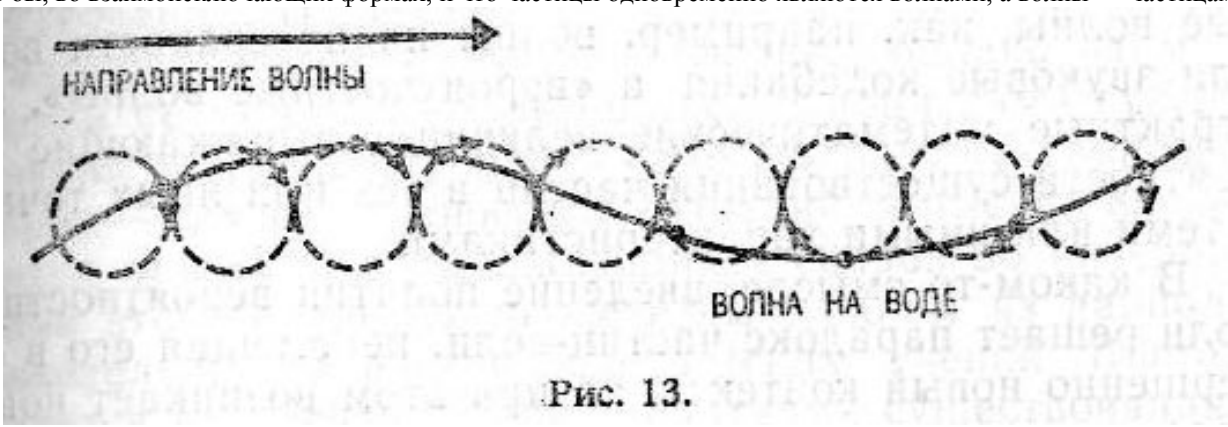


Рис. 13.

Взглянув на изображение частицы и волны (рис. 13), человек, несведущий в физике, может предположить, что противоречие снимается, если принять, что правое изображение соответствует частице, движущейся волнообразно. Однако такой подход обнаруживает непонимание свойств волн. В природе не существует частиц, которые двигались бы волнообразно. Так, в волне на поверхности воды молекулы не движутся вместе с волной, а вращаются вокруг своей оси по мере прохождения волны. Точно таким же образом частицы, из которых состоит воздух, просто колеблются назад и вперед, не продвигаясь вместе с волной. С волной перемещается возбуждение среды, вызывающее явление волны, а не материальные частицы. Поэтому, когда в квантовой теории мы говорим о том, что частица одновременно является волной, мы не имеем в виду траекторию частицы. Мы имеем в виду, что волнообразность сама по себе есть проявление частицы. Поэтому перемещающиеся волны — совсем не то, что перемещающиеся частицы, точно так же как "представление о волнах на озере далеко от представления о косяке рыб, плывущем в том же направлении" [80,30].

Явление волн фигурирует во многих разделах физики, но всегда может быть описано с помощью одних и тех же формул. Световая волна, звуковая волна, колебания струны гитары, волны на поверхности воды могут быть описаны при помощи одних и тех же формул. Квантовая теория для .описания волн, связанных с частицами, пользуется теми же формулами. Однако в последнем случае волны имеют гораздо более абстрактный характер. Они тесно связаны со статической сущностью теории: атомные явления могут быть описаны только в терминах вероятностей. Сведения о вероятностях для той или иной частицы содержатся в математической величине, которая называется вероятностной функцией, и формула которой очень сильно напоминает формулы, применяемые для описания волн. Однако волны, связанные с частицами. — это не "настоящие" трехмерные волны, как, например, волны на поверхности воды или звуковые колебания, а "вероятностные волны", абстрактные математические величины, выражающие вероятности существования частиц в тех или иных точках с теми или иными характеристиками.

В каком-то смысле, введение понятия вероятностных волн решает парадокс частиц-волн, перемещая его в совершенно новый контекст, но при этом возникает новая пара противоположных понятий — существования и несуществования — и это противопоставление гораздо более глобально. Атомная реальность лежит за пределами и

этого противопоставления. Мы не можем утверждать, что атомная частица существует в той или иной точке, не можем утверждать, что ее там нет. Будучи вероятностной схемой, частица может существовать (одновременно!) в разных точках и представлять собой странную разновидность физической реальности, нечто среднее между существованием и несуществованием. Поэтому мы не можем описать состояние частицы в терминах фиксированных противопоставленных понятий. Частица не находится в определенной точке и не отсутствует там. Она не перемещается и не покоится. Изменяется только вероятная схема, то есть тенденции частицы находиться в определенных точках. По словам Роберта Оппенгеймера,

> *"Если мы спросим, например, постоянно ли нахождение электрона, нужно сказать "нет", если мы спросим, изменяется ли местонахождения электрона с течением времени, нужно сказать "нет", если мы спросим, неподвижен ли электрон, нужно сказать "нет", если мы спросим, движется ли он, нужно сказать "нет" [61.42].*

Мир, как в восприятии атомного физика, так и восточного мистика, лежит вне узких рамок противоположных понятий. Поэтому слова Оппенгеймера кажутся мне отголоском Упанишад:

> *"Оно движется. Оно не движется.*
> *Оно далеко, оно близко.*
> *Оно внутри всего этого,*
> *И оно вне всего этого".*
>
> *"Иша Упанишада", 5*

Современная физика вынесла за скобки такие пары противоположных понятий, как сила и материя, частицы и волны, движение и покой, существование и несуществование. Из всех этих противопоставлений самым фундаментальным кажется последнее, однако атомная физика не может воспользоваться и понятиями существования и несуществования. Это положение квантовой теории — самое сложное для сознания, и именно оно является причиной продолжающихся споров об интерпретации этой теории. В то же время, одним из наиболее удивительных аспектов мистических учений Востока является их пренебрежение понятиями существования и несуществования, и они часто подчеркивают это немаловажное обстоятельство. Так, Ашвагхоша утверждает:

> *"Таковость не то, что называют существованием, и не то, что называют несуществованием; не то, что одновременно является и существованием, и несуществованием; и не то, что не является ни существованием, ни несуществованием" [2,59].*

Сталкиваясь с действительностью, лежащей вне противопоставленных понятий, физики и мистики должны были выработать особый образ мышления, при котором ум не скован узкими рамками классической логики, но сохраняет подвижность и способность менять точку зрения. Так, в атомной физике нам приходится использовать для описания материи оба понятия: частицы и волны. Мы научились чередовать два изображения, переключая с одного на другое и обратно, для того чтобы адекватно истолковывать явления атомной действительности. Именно так мыслят восточные мистики, когда стараются использовать свое восприятие реальности вне противопоставлений. По словам Ламы Говинды: "Скорее всего, восточный образ мышления сводится к кружению вокруг объекта созерцания... многостороннее, то есть многомерное восприятие, формирующееся посредством наложения одиночных ощущений с разных точек зрения" [32, 60].

Для того, чтобы понять, как в атомной физике можно переключаться с изображения частицы на изображение волны и обратно, рассмотрим понятие волны и частицы более подробно. Волна — колебательный паттерн в пространстве и времени. Рассматривая ее на определенном отрезке времени, мы увидим периодический пространственный паттерн, как в следующем примере. Характеристики этого контура: амплитуда А, и длина волны Л, расстояние между двумя соседними гребнями.

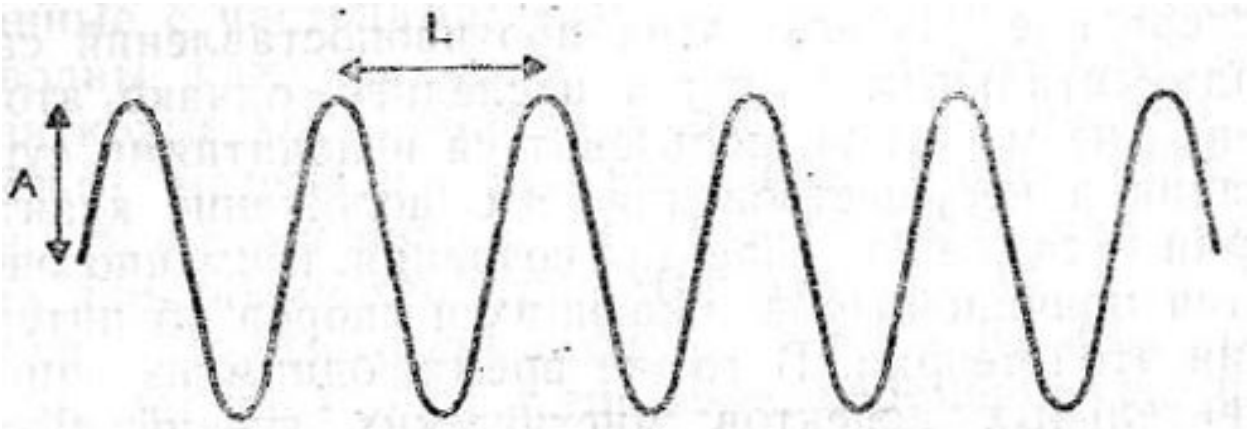


Рис. 14 Волновой паттерн

Кроме того, можно рассматривать движение определенной точки волны, и тогда мы увидим колебания определенной частоты (частота определяется количеством целых колебаний за одну секунду). Теперь представим себе частицу. Согласно классическим представлениям, частица в любой момент времени имеет определенное положение, а ее состояние движения может быть описано в терминах ее скорости и энергии движения. Частицы, двигающиеся на высокой скорости, характеризуются высокой же энергией. Физики, как правило, редко пользуются "скоростью" для описания движения частицы, заменяя ее величиной, которая называется "импульс" и равняется произведению массы частицы на ее скорость.

Итак, квантовая теория связывает свойства вероятной волны со свойствами соответствующей частицы, соотнося амплитуду волны в определенной точке с вероятностью существования в этой точке частицы. Если амплитуда большая, то велика и вероятность того, что частица находится в этой точке; если нет, то вероятность этого мала. Амплитуда волны, изображенной на предыдущей странице, одинакова на всем ее протяжении, и поэтому частица может с равной вероятностью находиться в любой точке волны. В этом случае не следует думать, что частица с большей вероятностью находится там, где волна образует гребень, чем в районе подошвы волны. На самом же деле колебания первичны. и любая точка волны принимается за вершину гребня через определенные периоды времени.

Движение частицы может быть охарактеризовано частотой и длиной волны. Длина волны обратно пропорциональна импульсу частицы, что означает, что волна с меньшей длиной соответствует частице, движущейся с большим импульсом (а следовательно, и скоростью). Частота волны прямо пропорциональна энергии частицы: волна с высокой частотой соответствует частице с высокой энергией. Так, в случае со светом, фиолетовый свет характеризуется высокой частотой и маленькой длиной волны, а следовательно, состоит из фотонов с высокой энергией и высоким импульсом, а красный свет характеризуется низкой частотой и большой длиной волны, что соответствует фотонам с низкой энергией и небольшим импульсом.

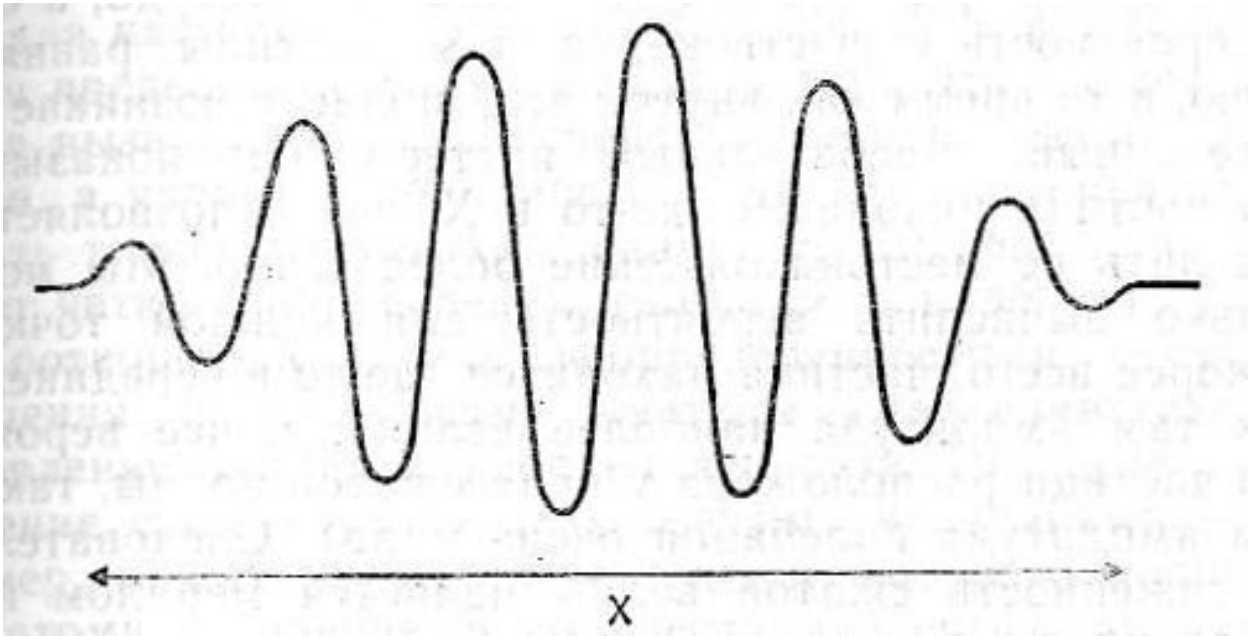


Рис. 15. Волновой пакет, соответствующий частице, локализующийся где-то в границах области x

Волна, распространяющаяся в пространстве так, как описано выше, мало говорит нам о местонахождении частицы. Она может находиться в любой точке вдоль волны с одинаковой вероятностью. Однако очень часто мы имеем дело с ситуациями, в которых местонахождение частиц до какой-то степени известно, как, например, при описании электрона внутри атома. В таком случае вероятности существования в различных точках должны быть ограничены некоторой областью. За ее пределами вероятность должна равняться нулю. Этому условию удовлетворяет график, представленный на рис. 15, и соответствующий частице, ограниченной пределами области X. Волны таких очертаний называются сжатыми волнами. Здесь, для простоты, мы рассматриваем только одно пространственное измерение, то есть положение частицы на прямой. Вероятностные паттерны (см. рис. 9) представляют собой изображение двухмерных, более сложных сжатых волн. Сжатая волна (волновой пакет) состоит из нескольких волн с различной длиной волны, которые, интерферируя, уничтожают друг друга вне области X (см. рис. 1), так что общая амплитуда, а с ней и вероятность существования там частицы равняется нулю, в то время как внутри этой области возникает определенный колебательный паттерн. Он показывает, что частица находится где-то в X, но не позволяет определить ее местонахождение более точно. Мы можем только вычислить вероятность для каждой точки X. (Скорее всего, частица находится где-то в середине, так как там амплитуда наиболее велика; менее вероятно, что частица расположена у края сжатой волны, так как там амплитуда колебаний очень мала). Следовательно, протяженность сжатой волны является мерилом неопределенности в местонахождения частицы.

Важным свойством таких сжатых волн является то, что они не имеют определенной длины волны, то есть, что расстояние между соседними гребнями неодинаково на протяжении всего паттерна. Существует некий прирост длины волны: чем короче сжатая волна, тем он значительнее. Это обстоятельство не имеет никакого отношения к квантовой теории, вытекая из характеристик обычных волн. Сжатые волны не имеют определенной длины волны. Квантовая теория начинает действовать в тот момент, когда мы связываем длину с импульсом соответствующей частицы. Если сжатая волна не имеет определенной длины волны, то частица не имеет определенного импульса. Это приводит к тому, что нельзя определить не только точное местонахождение частицы, но и импульс частицы (последнее обусловлено приростом длины волны). Две неопределенности связаны друг с другом, так как прирост длины волны (то есть неопределенность импульса) зависит от протяженности сжатой волны (то есть от неопределенности местонахождения). Если мы хотим более точно определить местонахождение частицы (сократить протяженность ее сжатой волны), это приведет к увеличению прироста длины волны, а следовательно, и к увеличению неопределенности импульса частицы.

Точная математическая формула этой взаимосвязи между неопределенностями положения и моментом частицы известна как гейзенбергская неопределенность отношения, или принцип неопределенности. Итак, в субатомном мире мы не можем располагать точными сведениями о местонахождении и импульсе любой частицы. Чем лучше нам известен импульс, тем расплывчивей оказывается местонахождение, и наоборот. Мы можем с точностью измерить одну из величин, но при этом вторая для нас остается полной загадкой. Как я уже говорил в предыдущей главе, важно понять, что это ограничение вызвано не несовершенством измерительных приборов, а является принципом. Если мы пытаемся определить точное местонахождение частицы, она просто не имеет четкого определения импульса, и наоборот.

Соотношения между неопределенностями местонахождения и импульсами частицы — не единственное проявление принципа неопределенности. Похожие соотношения существуют между другими величинами — например, между временем, в течение которого происходит атомное явление, и количеством энергии, принимающим в нем участие. Это становится вполне очевидным. когда мы начинаем рассматривать наш волновой пакет не как паттерны в пространстве, а как колебательный паттерн во времени. Когда некоторая частица проходит мимо некоторой точки наблюдения, колебания паттерна волны начинаются в этой точке с небольшой амплитудой, которая сначала увеличивается, затем начинает уменьшаться до полного прекращения колебаний. Время, которое необходимо для прохождения этого паттерна, соответствует тому промежутку времени, в течение которого частица проходит мимо нашей точки наблюдения. Мы можем сказать, что прохождение было в этот отрезок времени, но мы не можем локализовать его более точно. Поэтому продолжительность колебаний соответствует неопределенности положения события во времени.

Теперь, подобно тому, как пространственный паттерн волнового пакета не имеет определенной длины волны, соответствующий колебательный паттерн во времени не имеет определенной частоты. Прирост частоты зависит от протяженности колебательного паттерна, а поскольку квантовая теория связывает частоту волны с энергией частицы, то прирост частоты колебаний паттерна соответствует неопределенности энергии частицы. Поэтому неопределенность положения события во времени оказывается связанной с неопределенностью энергии, точно так же, как неопределенность пространственного положения частицы обнаруживает связь с неопределенностью ее импульса. Это означает, что мы не можем с одинаковой точностью определить, когда произойдет то или иное событие, и какое количество энергии будет при этом задействовано. Явления, происходящие за короткий период времени, характеризуются значительной неопределенностью энергии, а явления, в которых принимает участие четко определенное количество энергии, могут быть локализованы только внутри продолжительных промежутков времени.

Фундаментальное значение принципа неопределенности заключается в том, что он описывает ограниченность наших классических представлений в точной математической форме. Как говорилось выше, субатомный мир предстает перед учеными в виде сути взаимоотношений между различными частями единого целого. Представления классической физики, почерпнутые ею в макроскопическом окружении человека, не могут адекватно описать этот мир. Начнем с того, что понятие самостоятельной физической сущности — такой, как, скажем, частица, носит абстрактный характер и не имеет реального содержания. Оно может быть определено только в терминах его связи с целым, а эти связи характеризуются статической природой. Эти связи могут существовать с определенной вероятностью, а могут и не существовать. Если мы попытаемся описать свойства такой единицы в терминах классических понятий — таких, как местонахождение, энергия, импульс и т. д., — мы обнаружим, что существуют пары взаимосвязанных понятий, которые не могут быть одновременно определены с одинаково высокой точностью. Чем больше мы стараемся примерить какое-либо понятие к физическому "объекту", тем более неопределенным становится другое понятие, а точное соотношение между двумя этими понятиями отражает принцип неопределенности.

Для того, чтобы достичь лучшего понимания соотношения между парными понятиями классической физики, Нильс Бор ввел понятие "дополнительность". Он рассматривал картину частицы и картину волны в качестве взаимодополняющих описаний одной и той же реальности, каждое из которых истинно лишь частично и имеет ограниченное применение. Для полного описания атомной действительности необходимы оба образа, и их применение ограничено закономерностями принципа неопределенности.

Понятие дополнительности прочно заняло свое место в мировоззрении современной физики; Бор часто высказывал предположение относительно того, что это понятие может найти хорошее применение и за ее пределами. И действительно, понятие дополнительности уже две с половиной тысячи лет тому назад играло очень важную роль в древней китайской философии, которая исходила из того, что противоположные понятия связаны отношениями полярности, или дополнительности. Китайские мыслители обозначали дополнительность противоположностей при помощи ИНЬ и ЯН, двух архетипических начал, рассматривая их динамическое чередование в качестве содержания всех явлений природы и психологических ситуаций.

Нильс Бор хорошо знал о том, что его понятие дополнительности имеет соответствие в китайской философии. Посетив Китай в 1937 году, когда его трактовка квантовой теории была уже полностью разработана, он был глубоко поражен тем, что в древней китайской философии существовало представление о полярных противоположностях: это обстоятельство оказало на него сильное воздействие, и впоследствии его интерес к восточной культуре никогда не угасал. Через десять лет Бору было пожаловано дворянское достоинство в знак признания его выдающихся научных достижения и важного участия в культурной жизни Дании, и когда ему нужно было избрать какой-либо символ для его герба, его выбор пал на китайский символ ТАИЦЗИ, который выражает соотношение между противопоставленными первоначалами ИНЬ и ЯН. Выбирая этот символ для своего герба вместе с изречением: "Contraria sunt complementa" ("Противоположности дополняют друг друга"), Нильс Бор признал существование глубокого единства древней восточной мудрости и современной западной науки.

Глава 12.
ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ

Современная физика самым драматическим образом подтвердила одно из основных положений восточного мистицизма, смысл которого заключается в том, что все используемые нами для описания природы понятия ограничены, что они являются не свойствами действительности, как кажется нам, а продуктами мышления — частями карты, а не местности. При любом расширении сферы наших знаний становится очевидной ограниченность возможностей рационального мышления, и нам приходится изменить некоторые из наших понятий, или даже отказаться от них.

Наши представления о пространстве и времени накладывают большой отпечаток на всю картину мира. Они упорядочивают вещи и явления, которые окружают нас в повседневной жизни, а также при попытках науки и философии объяснить мир. Нет такого закона физики, который можно сформулировать без понятий пространства и времени. Одной из величайших революций в истории науки стало значительное изменение этих основополагающих понятий благодаря теории относительности.

Классическая физика исходила из представлений об абсолютном, трехмерном пространстве, существующем независимо от содержащихся в нем материальных объектах и подчиняющемся законам евклидовой геометрии, и о времени как о самостоятельном измерении, которое носит, опять же, абсолютный характер и течет с одинаковой скоростью, независимо от материального мира. На Западе эти представления стали настолько неотъемлемой частью всего мировоззрения философов и ученых, что в них видели истинные и несомненные свойства природы.

Уверенность в том, что геометрия внутренне присуща природе, а не нашим представлениям о ней, берет начало в греческой философии. Демонстративная геометрия представляла собой основной раздел греческой математики и оказала сильное воздействие на греческую философию. Греческая философия усвоила ее метод построения теорем на основе принятых на веру без доказательства аксиом при помощи дедукции, и поэтому геометрия лежала в основе любой умственной деятельности, и обучение философии включало в себя геометрию. Говорят, что на воротах Академии Платона в Афинах было выбито изречение: "Вам не позволяется заходить сюда, если вы не сведущи в геометрии". Греки считали, что их математические теоремы были выражениями вечных неоспоримых истин, а геометрические формы воплощают в себе абсолютную красоту. Геометрия считалась совершенным соединением логического и прекрасного, и поэтому ей приписывалось божественное происхождение. Отсюда и афоризм Платона: "Бог-это геометр".

Поскольку геометрия рассматривалась в качестве божественного откровения, нет ничего странного в том, что греки считали, что небеса имеют правильную геометрическую форму. Это означало, что небесные тела движутся по окружностям. Для того, чтобы сделать картину еще более геометричной, считалось, что каждое из них закреплено на концентрической хрустальной сфере. Сферы должны были двигаться как единое целое, и в центре этого движения находилась Земля. В последующее время греческая геометрия продолжала оказывать влияние на западную философию и науку. До начала нашего века "Элементы" Евклида использовались в европейских школах в качестве учебника, и на протяжении более чем двух тысячелетий считалось, что евклидова геометрия отражает истинную сущность пространства. Для того, чтобы заставить ученых и философов признать, что законы геометрии не присущи природе изначально, а обязаны формулированием человеку, нужен был "целый" Эйнштейн. По словам Генри Маргенау,

> *"Основное открытие теории относительности заключается в том, что геометрия... — продукт деятельности интеллекта. Только при условии признания этого факта наш рассудок может отказаться от устаревших представлений о времени и пространстве, исследовать возможности их нового определения и избрать ту формулировку, которая не противоречит наблюдениям" [68,250].*

В отличие от греческой, восточная философия всегда утверждала, что пространство и время — порождение ума. Восточные мистики относятся к ним точно так же, как ко всем интеллектуальным понятиям — как к относительным, ограниченным и иллюзорным. Так, в одном из буддийских сочинений говорится:

> *"О монахи, Будда учил, что... прошлое, будущее, физическое пространство... и личность. все это — лишь имена, формы мышления, общеупотребительные слова, попросту искусственная, вымышленная действительность" [59,198].*

Поэтому на Дальнем Востоке геометрии не было суждено приобрести такой вес, как в древней Греции, что, впрочем, не означает, что индийцы и китайцы не имели о ней никакого представления. Они использовали ее при строительстве храмов совершенных геометрических форм, измеряя землю и составляя карту звездного неба, но не для того, чтобы выражать в геометрической форме вечные абстрактные истины. Да и древняя восточная наука не считала нужным вместить все явления природы в жесткую схему из прямых линий и окружностей. Слова Джозефа Нидэма о китайской астрономии представляют собой интерес в этом отношении:

> *"Китайцы-астрономы не считают нужным объяснять явления геометрически: по их мнению, все организмы, составляющие всеобщий организм, следуют своему Дао в соответствии со своей природой, а их*

движения могут быть описаны в терминах "непоказательной", по своей сущности, алгебры. Таким образом, китайцам было не знакомо такое отношение к окружности, которое бытовало в Европе, как и средневековая тюрьма хрустальных сфер" [60, 458].

Итак, древние восточные философы и ученые считали, что геометрические построения не являются абсолютными и неизменными характеристиками природы, будучи продуктом деятельности рассудка. Теория относительности исходила из такого же представления о геометрии. По словам Ашвагхоши,

"Да будет известно всем, что понятие пространства — лишь одно из порождений разграничивающего сознания, что за ним не стоит никакой реальности... Пространство существует только по отношению к нашему разграничивающему сознанию" [2,107].

То же самое можно сказать о понятии времени. Восточные мистики считают, что эти понятия — понятия пространства и времени — привязаны к определенным состояниям сознания. Медитация позволяла им выйти за пределы обычного состояния и осознать, что условные и относительные представления о пространстве и времени не представляют собой высшей истины. Новые, более совершенные понятия пространства и времени, которые возникают в результате мистического опыта, во многом напоминают понятия, которыми оперирует современная физика, и в частности, теория относительности.

Как же теория относительности описывает пространство и время? В чем новизна ее подхода? Она исходит из того факта, что все измерения в пространстве и времени относительны. Конечно, об относительности пространственных координат было известно и раньше. Задолго до Эйнштейна люди поняли, что положение любого объекта в пространстве может быть определено только по отношению к какому-либо другому объекту. Это обычно делается при помощи трех координат и точки отсчета, которую мы можем назвать "положение наблюдателя".

Для того, чтобы доказать относительность такой системы координат на конкретном примере, возьмем двух наблюдателей, удобно расположившихся в воздушном пространстве и созерцающих зонтик (рис. 16). Для наблюдателя А картина выглядит следующим образом: зонтик находится слева от него в слегка наклоненном положении, так что ближе к нему его верхний конец. С другой стороны, наблюдатель В видит зонтик справа от себя, и дальше от него расположен верхний конец. Если мы распространим заключение, сделанное на основе примера с двумя измерениями, на трехмерное пространство, мы увидим, как "слева", "справа", "наверху", "внизу", "под наклоном" и т. д., — определяются положением наблюдателя в пространстве, а значит, являются относительными. Однако со временем в классической физике было совершенно другое положение. Считалось, что последовательность событий во времени не зависит от конкретных наблюдателей. Такие временные понятия, как "до", "после" или "одновременно", рассматривались имеющими абсолютное значение, не зависящее от какой-либо системы координат.

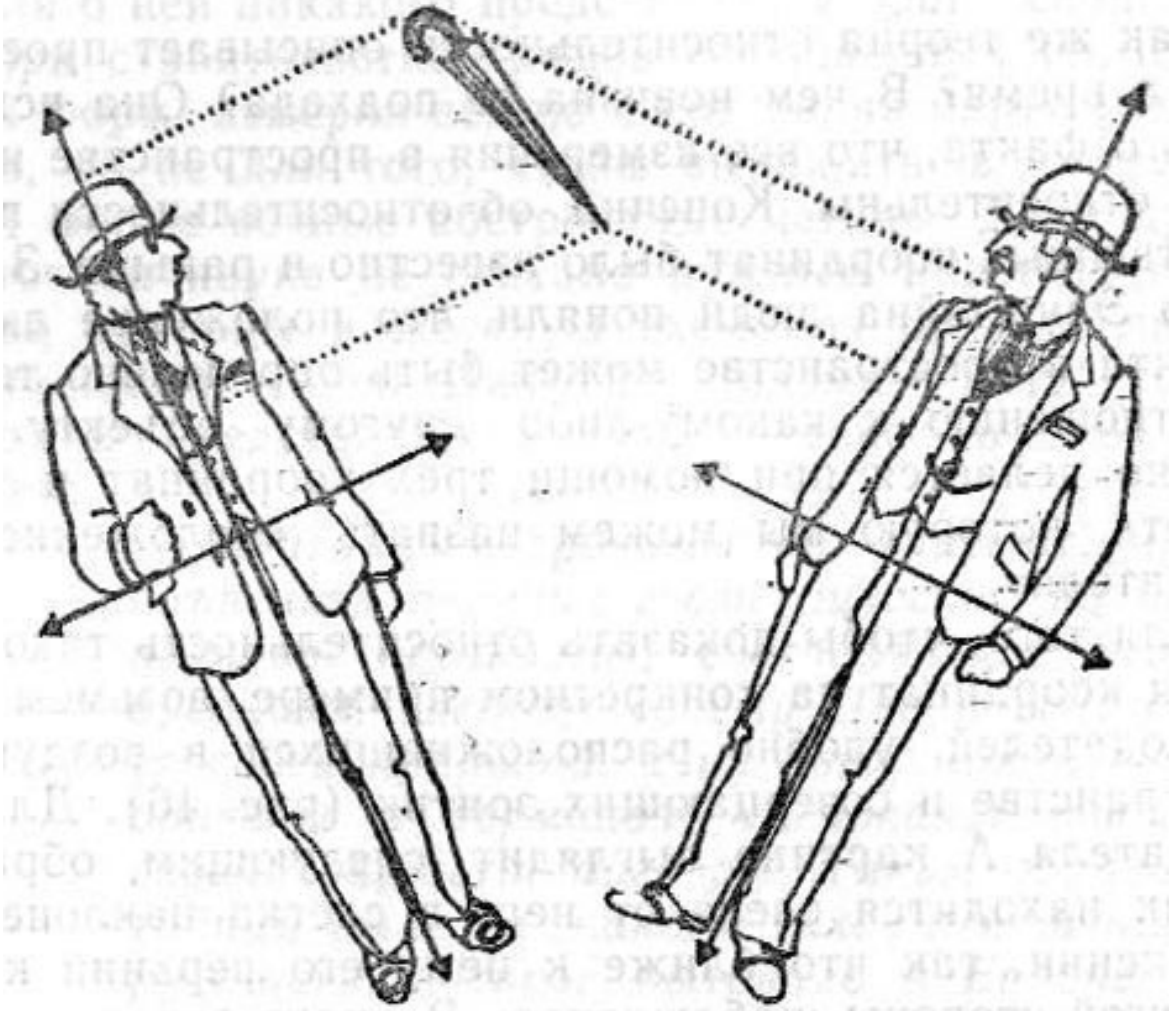


Рис. 16. Два наблюдателя, а и б, рассматривающие зонтик

Эйнштейн обнаружил, что все временные характеристики тоже относительны и зависят от конкретного наблюдателя. В повседневной жизни мы привыкли думать, что последовательность событий носит универсальный характер. Это убеждение порождено тем, что скорость света в сравнении с любой другой знакомой нам скоростью чрезвычайно высока, и мы можем считать, что наблюдаем явления в тот момент, когда они происходят. Однако это не совсем так. Свету требуется некоторое время для того, чтобы преодолеть расстояние между объектом и наблюдателем. Как правило, этот промежуток времени очень невелик, и перемещение света можно считать мгновенным; однако в том случае, если наблюдатель движется с высокой скоростью относительно наблюдаемых явлений, промежуток времени между событием и его наблюдением играет решающую роль при определении последовательности событий. Эйнштейн осознавал, что в таком случае наблюдатели, движущиеся с различными скоростями, будут располагать события во времени по-разному. Для того, чтобы прийти к этому выводу, нужно помнить о том, что скорость света одинакова для всех наблюдателей. Два явления, происходящие одновременно для одного наблюдателя, могут происходить в различной последовательности для других. При обычных скоростях эти различия так малы, что их нельзя выявить, однако если скорости приближаются к скорости света, это приводит к возникновению эффектов, которые можно без труда измерить. Относительность времени проявляется и подтверждается многочисленными экспериментами физики высоких энергий, где событиями являются взаимодействия движущихся почти со скоростью света частиц. Отметим, что в последнем случае наблюдатель в лаборатории неподвижен, но наблюдаемые им частицы движутся с различными скоростями. Результат тот же самый. Важно движение наблюдателя относительно объекта. Не имеет значения, что движется относительно лаборатории — наблюдатель или объект.

Относительность времени тоже заставляет нас отказаться от ньютоновского абсолютного пространства. Считалось, что это пространство в каждый определенный момент содержит каким-то определенным образом распределенную материю; однако сейчас мы знаем, что нет абсолютного времени, что какой-либо момент времени может быть определен только для одного наблюдателя в какой-то определенный момент, однако для остальных наблюдателей оно может произойти раньше или позже этого момента. Поэтому мы не можем говорить о "Вселенной в некоторый момент" в абсолютном смысле, и абсолютного пространства, существующего независимо от наблюдателя, тоже не может быть.

Так, теория относительности показала, что все изменения в пространстве и времени утрачивают абсолютное значение, и заставила нас отказаться от классических понятий пространства и времени. Исключительное значение этого открытия раскрыто в следующих словах Менделя Закса:

> *"Истинно революционное содержание теории Эйнштейна в том, что... она отрицает объективный характер пространственно-временной системы координат. Теория относительности утверждает, что пространственные и временные координаты — лишь элементы языка, которым пользуется наблюдатель, описывающий окружающую среду" [66,53].*

Это явление, сделанное современным физиком, обнаруживает близкое сходство представлений о времени и пространстве, которые, как уже говорилось выше, считают, что пространство и время — "всего лишь имена, формы мышления, общеупотребительные слова". Поскольку вследствие этого пространству и времени отводится лишь субъективная роль элементов языка, которым тот или иной наблюдатель пользуется при описании явлений природы, каждый наблюдатель будет описывать явления по-своему. Для того, чтобы вывести на основании их описания универсальные законы природы, им придется сформулировать эти законы таким образом, чтобы они имели одну и ту же форму во всех системах координат, то есть для всех наблюдателей в относительном движении. Это требование, известное как принцип относительности, послужило отправной точкой для всей теории относительности. Интересно, что в шестнадцать лет Эйнштейн осознал существование парадокса, который в зародыше содержал в себе теорию относительности. Он попытался представить себе, каким бы увидел луч света наблюдатель, передвигающийся в направлении луча со скоростью света, и пришел к выводу о том, что этот наблюдатель увидел бы электромагнитное поле, колеблющееся назад и вперед, не продвигаясь в каком-либо направлении, то есть не образуя волны. Эйнштейн понял, что то, что будет хорошо известным электромагнитным явлением для одного наблюдателя, для другого окажется явлением, которое противоречит законам физики, и не мог понять этого. На склоне лет Эйнштейн осознал, что принцип относительности можно удовлетворительно применять в описании электромагнитных явлений только тогда, когда все пространственные и временные составляющие относительны. Законы механики, которые управляют явлениями, связанными с движением тел, и законы электродинамики, теории электричества и магнетизма можно сформулировать в общепринятых "относительных" рамках, которые включают время в свои трехмерные координаты в качестве четвертой координаты, рассматриваемой наблюдателем как относительной. Для того, чтобы проверить, удовлетворяет ли описание принципу относительности, то есть выглядят ли уравнения теории одинаково во всех системах координат, нужно провести все обозначения пространственного и временного положения из одной системы координат в другую. Такие операции перевода, или трансформации, были хорошо известны и широко использовались в классической физике. На рис. 16 мы видим, что каждая из двухкоординат наблюдателя А (одна горизонтальная и одна вертикальная, как обозначают линии со стрелками) представлена в виде суммы двух координат наблюдателя В, и наоборот. Элементарная геометрия позволяет вычислить точные соотношения координат двух наблюдателей.

В релятивистской физике ситуация изменяется, так как к трем пространственным координатам добавляется координата времени — четвертого измерения. Поскольку переход от одной системы координат к другой предусматривает, что каждая координата одной системы в другой системе выражается при помощи суммы координат, пространственная координата одной системы предстает в виде суммы координат пространства и времени. Эта ситуация действительно является совершенно новой. Любое изменение системы координат смешивает пространство и время точно определяемым в математическом отношении образом. Их уже нельзя отделить друг от друга: то, что для одного наблюдателя является пространством, для другого будет соединением пространства и времени. Теория относительности обнаружила, что пространство не трехмерно, а время не самостоятельно. Будучи тесно и неразрывно связанны, они образуют четырехмерный континуум, который называется "пространство-время". Понятие пространства-времени было впервые употреблено Германом Минковским в 1908 году в его знаменитой лекции:

> *"Воззрения на природу пространства и времени, которые я хочу изложить, взросли на почве экспериментальной физики, и именно в этом их сила. Они радикальны. Поэтому пространство само по себе, как и время само по себе, обречены на то, чтобы отойти в прошлое, и независимой действительностью является только их соединение" [25, 75].*

Представление о пространстве и времени настолько важны при описании природных явлений, что при их изменении меняется весь подход к описанию природы. При этом новом подходе пространство и время рассматриваются на одном и том же основании и считаются неразделимыми. Когда в релятивистской физике мы говорим о пространстве, мы не можем не говорить о времени, и наоборот. Нужно использовать новый подход при участии высоких скоростей в описываемых явлениях.

Задолго до создания теории относительности астрономы уже обнаружили в одном контексте тесную связь пространства и времени. Астрономы и астрофизики имеют дело с очень большими расстояниями, и поэтому для них важным является тот факт, что свету требуется определенное время для того, чтобы переместиться от наблюдаемого объекта к наблюдателю. Поскольку скорость света не является бесконечно большой, наблюдатель видит не настоящее положение небесных тел, а то, каким оно было некоторое время назад. Свет проходит расстояние между Солнцем и Землей за восемь минут, и поэтому мы, когда бы ни взглянули на Солнце, всегда увидим его таким, каким оно было восемь минут назад. Подобно этому, мы видим ближайшую звезду такой, какой она была четыре года тому назад, а

мощные телескопы позволяют нам наблюдать за процессами, которые происходили в других галактиках миллионы лет тому назад.

Безусловно, астрономические наблюдения только бы выиграли в том случае, если бы скорость света стала мгновенной, но и в том, что это не так, содержится положительный элемент. Благодаря этому астрономы могут наблюдать эволюцию звезд, их скоплений и галактик на всех стадиях. Разнообразные явления, происходившие на протяжении миллионов лет, можно сейчас наблюдать в определенных участках неба. Потому астрономы хорошо знают о важном значении связи пространства и времени. Открытие теории относительности заключается в том, что эта связь важна не только при наличии больших расстояний, но и при наличии высоких скоростей. Даже на Земле измерение зависит от времени, учитывая состояние движения наблюдателя.

Объединение пространства и времени приводит к возникновению связи между другими основополагающими понятиями физики. Это наиболее характерная черта релятивистского подхода. Понятия, которые в нерелятивистской физике рассматриваются как совершенно независимые, при таком подходе выглядят лишь как различные стороны одного и того же понятия. Это особенность релятивистского подхода характеризует совершенство его математического метода. Многолетние исследования в области теории относительности помогли нам познать ее математическое совершенство, но наша интуиция до сих пор здесь беспомощна. Мы не можем наглядно представить себе четырехмерное пространство-время, как и все остальные релятивистские понятия. Когда мы сталкиваемся с явлениями природы, в которых принимают участие скорости, близкие к скорости света, у нас всегда возникают затруднения. Такие явления сложно представить себе и описать при помощи обычного языка.

Например, классическая физика признает, что длины движущегося и покоящегося стержня одинаковы. Однако теория относительности обнаружила ложность этого утверждения. Длина объекта зависит от его движения относительно наблюдателя и изменяется в зависимости от скорости. Это изменение таково: объект сокращается в направлении движения. Максимальную длину стержень имеет в той системе координат, в которой он покоится, а при увеличении скорости относительно наблюдателя он становится короче. В физике высоких энергий используются эксперименты, в которых частицы сталкиваются на таких больших скоростях что сплющиваются и приобретают форму блина.

Важно понимать, что вопрос об "истинной" длине объекта не имеет смысла, как и вопрос об истинной длине вашей тени. Тень — это проекция точек, находящихся в трехмерном пространстве, на двухмерную плоскость, и ее длина зависит от угла проецирования. Точно так же длина движущегося объекта — это проекция точек, находящихся в четырехмерном пространстве-времени, в трехмерном пространстве, и его длина зависит от выбора системы координат.

Что верно для пространственных измерений, то верно и для интервалов времени. Они тоже зависят от выбора системы координат, но, в отличие от расстояний в пространстве, они увеличиваются при увеличении скорости. Это означает, что движущиеся часы ходят медленнее, время замедляется. Часы могут быть какими угодно: механическими, атомными, биением человеческого сердца. Если бы один из близнецов отправился в головокружительное путешествие через космос, то, вернувшись домой, он оказался бы моложе своего брата, так как все его "часы": сердцебиение, кровообращение, нервные импульсы и т.д. — замедлились бы во время путешествия (с точки зрения человека на поверхности Земли). Однако сам путешественник не заметил бы этого, и лишь по возвращении обнаружил бы, что брат старше его. Возможно, этот "парадокс близнецов" — самый известный парадокс современной физики. Он много обсуждался в научных журналах, и еще не все дискуссии по этому поводу завершились. Красноречивое доказательство того, что реальность, описанная теорией относительности, не может быть воспринята и объяснена с помощью наших обычных понятий.

Замедление хода часов при движении, каким бы невероятным оно ни казалось, находит подтверждение в физике частиц. Большая часть субатомных частиц неустойчива: через некоторое время они распадаются на несколько других частиц. Многочисленные эксперименты подтвердили тот факт, что продолжительность существования такой неустойчивой частицы зависит от скорости ее движения относительно наблюдателя. (Видимо, здесь стоит упомянуть об одной технической детали. Когда мы говорим о продолжительности существования некоторого вида субатомных частиц, мы всегда имеем в виду среднюю величину. Об отдельных частицах мы ничего не знаем в силу статистического характера субатомного мира). Частицы, движущиеся со скоростью, равной восьми-десяти процентам от скорости света, существуют примерно в 1,7 раза дольше, чем их медлительные "близнецы", а на скорости, равной девяноста девяти процентам от скорости света, они существуют примерно в семь раз дольше. Опять же, это не означает, что изменяется внутренне присущая частицам продолжительность существования. С точки зрения частицы, продолжительность ее существования постоянна, но с точки зрения наблюдателя в лаборатории "внутренние часы" частицы замедлили свой ход, и поэтому время ее существования увеличилось.

Все эти релятивистские выводы кажутся странными лишь потому, что мы не можем воспринимать четырехмерный мир пространства-времени при помощи наших чувств, наблюдая лишь его трехмерные "фотографии". Трехмерные образцы выглядят по-разному в разных системах координат, движущиеся предметы не похожи на покоящиеся; часы, двигаясь, замедляют свой ход. Эти выводы кажутся нам парадоксальными лишь потому, что мы не осознаем, что все эти неожиданные эффекты — лишь последствия проекции четырехмерных явлений в трехмерном мире наших чувств,

подобно тому, как тени — лишь проекции трехмерных предметов. Если бы мы могли увидеть, услышать — ощутить при помощи данных нам чувств четырехмерное пространство-время, парадоксы исчезли бы навсегда.

Как уже говорилось ранее, восточные мистики, очевидно, способны достигать необычных состояний сознания, в которых они выходят за пределы трехмерного мира повседневной жизни и воспринимают более высокую многомерную реальность. Так, Ауробиндо говорит о "неуловимом изменении, которое дает зрительную способность в некоем четвертом измерении" [3, 993). Измерения в этих состояниях сознания могут отличаться от измерений релятивистской физики, однако поразительно, что мистики разделяют взгляды на пространство и время, которые очень близки к релятивистским.

Все развитие восточного мистицизма обнаруживает удивительное единство в вопросе о неразделимом "пространственно-временном" характере действительности. Они вновь и вновь подчеркивают тот факт, что пространство и время неразрывно связаны (вспомним: ведь теория относительности говорит о том же). Видимо, наиболее ясное выражение эти интуитивные представления о пространстве и времени получили в буддизме, в частности, в школе Аватамсака буддизма Махаяны. "Аватамсака-сутра", на котором основано учение Этой школы, содержит яркое описание мировосприятия, достигаемого в момент просветления. Эта сутра упоминает об особом ощущении "взаимопроникновения пространства и времени" — прекрасное обозначение сущности пространства — времени — которое рассматривается в качестве важнейшей характеристики просветления. По словам Д. Т. Судзуки,

> *"Можно осознать значение "Аватамсаки" и ее философию только в том случае, если мы однажды достигнем состояния, в котором наше "я" полностью растворяется, и исчезают разграничения между телом и сознанием, субъектом и объектом... каждая вещь связана с остальными вещами... не только в пространственном, но и во временном отношении... Мы невооруженным глазом видим, что не существует пространства без времени и времени без пространства — они пронизывают друг друга" [76, 33].*

Вряд ли можно лучше описать релятивистское понятие пространства-времени. Сравнивая утверждение Судзуки со словами Минковского, процитированными выше, интересно отметить, что оба они — и физик, и буддист — подчеркивают тот факт, что их представления о пространстве-времени имеют эмпирическое происхождение и подтверждаются в одном случае — научными экспериментами, в другом — мистическим опытом.

Мне кажется, что восточный мистицизм, с его вниманием ко времени, более близок к современным научным воззрениям на природу, чем древнегреческая философия. В целом, древнегреческая натурфилософия была статичной и, в основном, исходила из геометрических соображений. Можно сказать, что она была совершенно не релятивистской, и одной из причин, обусловившей возникновение у нас серьезных концептуальных сложностей при восприятии релятивистских моделей современной физики, видимо, является сильное влияние, оказанное ею на западную философию. Восточные философские системы — это, напротив, философии "пространства-времени", и их положения, опирающиеся на интуицию, довольно близки к современным релятивистским теориям.

Мировоззрение современной физики и восточного мистицизма характеризуется большим динамизмом, и его основополагающими компонентами являются понятия времени и изменчивости, так как и физики, и мистики утверждают, что пространство и время пронизывают друг друга. Представление о времени и изменениях будут подробно описаны в следующей главе, которая посвящена второму из основных направлений сравнения физики с мистицизмом (первым таким направлением было освещение представления о единстве всего сущего). По мере рассмотрения релятивистских моделей и теорий современной физики мы увидим, что все они могут служить красочными иллюстрациями к двум основным постулатам восточного мировоззрения об основополагающем единстве Вселенной и о ее динамической сущности.

Теория относительности в том виде, в котором мы имели с ней дело до сих пор, называется "специальной теорией относительности". Она подводит единую основу под описание движения тел, электричества и магнетизма. Основные характеристики ее подхода — относительность времени и пространства и их объединение под именем четырехмерного пространства-времени. "Общая теория относительности" применяет подход специальной теории также по отношению к гравитации. Согласно общей относительности, гравитация должна искривлять пространство-время. И наглядно представить себе, как это может происходить, опять же, непросто. Мы можем без труда представить себе искривленную трехмерную поверхность — такую, как, например, поверхность яйца, — поскольку мы можем видеть такие искривленные поверхности в трехмерном пространстве. Получается, что слово "искривление" имеет четко определенное значение для двухмерных искривленных поверхностей, но наше воображение отказывается справиться с ситуацией, когда дело доходит до трехмерного пространства, не говоря уже о четырехмерном пространстве-времени. Поскольку мы не можем посмотреть на трехмерное пространство "снаружи", мы не можем представить себе, как оно может быть "искривлено в том или ином направлении".

Для того, чтобы понять значение искривленного пространства-времени, воспользуемся в качестве аналогии двухмерными поверхностями. Представим себе, скажем, поверхность шара. Здесь основным моментом, который позволяет нам применить эту аналогию по отношению к пространству-времени, является тот факт, что кривизна есть необходимое свойство самой поверхности и может быть измерена без перехода в трехмерное пространство. Двухмерное насекомое, находящееся в плоскости поверхности шара и не знающее о существовании трехмерного пространства,

способно, тем не менее, обнаружить, что поверхность, на которой оно находится, искривлена, при том условии, что ему доступны простейшие геометрические измерения.

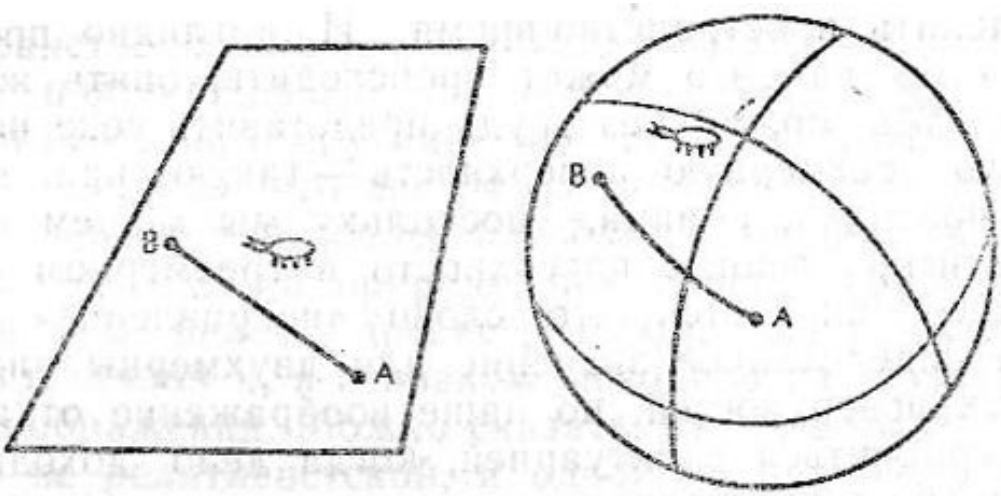


Рис. 17 Прочерчивание «прямой линии» на плоскости и на сфере

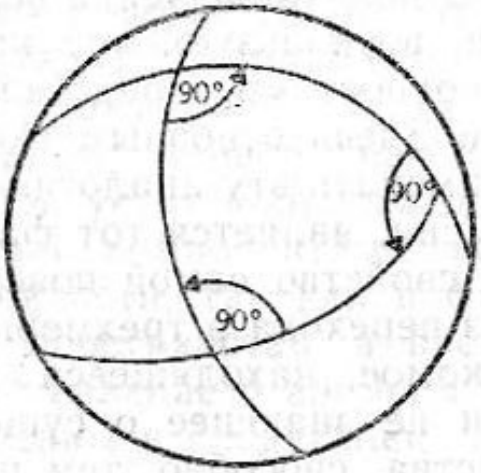


Рис. 18. На сфере треугольник может иметь три прямых угла

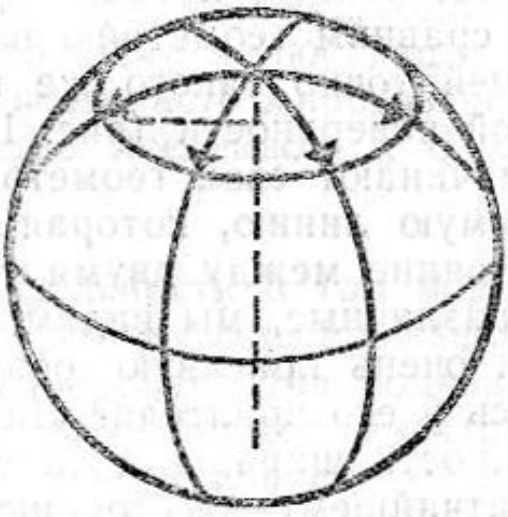


Рис. 19. Начертание круга на сфере

Для того, чтобы узнать, к каким результатам это может привести, сравним геометрию нашего жучка на шаре, с геометрией точно такого же насекомого, живущего на плоской поверхности (рис. 17). Представим, что два жучка начинают свои геометрические изыскания, проводя прямую линию, которая определена как кратчайшее расстояние между двумя точками. Результаты получатся различные, мы видим, что жучок на плоскости провел очень красивую ровную линию, но что же получилось у его приятеля? Линия, которую он провел на поверхности шара, для него действительно соответствует кратчайшему расстоянию между двумя точками, поскольку любая другая линия оказалась бы длиннее; но для нас это дуга большой окружности, если быть точными. Теперь предположим, что жучки приступили к изучению треугольников. Один из них обнаружит, что сумма всех углов треугольника на плоскости соответствует ста восьмидесяти градусам, а другой найдет, что на поверхности шара сумма трех углов всегда превышает эту величину (рис. 18). В небольших треугольниках это превышение незначительно, но оно увеличивается с ростом самого треугольника, так что наш жучок может построить на поверхности шара даже треугольник с тремя прямыми углами. Теперь пускай жучки построят на своих поверхностях окружности и измерят их длину. Один из них придет к выводу о том, что на плоскости любая окружность равна удвоенному произведению радиуса на число "пи", вне зависимости от величины круга. Другой, напротив, заметит, что на поверхности шара длина любой окружности меньше, чем это произведение. Как видно на рисунке 19, наша трехмерная точка зрения позволяет нам увидеть, что то, что жучок называет радиусом своего круга, на самом деле является дугой, которая всегда длинней настоящего радиуса.

По мере дальнейшего продвижения этих двух насекомых-геометров, один из них будет обнаруживать, что на плоскости действуют законы геометрии Евклида, но его партнер откроет совсем другие законы. Для небольших геометрических фигур разница будет не очень значительной, однако по мере их увеличения будет увеличиваться и разница. На примере двух жучков мы видим, что при помощи геометрических измерений на плоскости и их последующего сопоставления с результатами евклидовой геометрии всегда можно определить, искривлена ли данная поверхность. Если обнаруживается расхождение, поверхность искривлена, и чем больше расхождение, тем значительней это искривление (при том условии, что размер фигур на плоскости и сферической поверхности одинаков).

Точно таким же образом мы можем определить, что в некотором искривленном трехмерном пространстве перестают действовать законы евклидовой геометрии. В таком пространстве геометрические законы будут другого, "неевклидова" характера. Такая "неевклидова" геометрия была разработана в девятнадцатом веке математиком Георгом Риманном в качестве абстрактного математического построения, и оно оставалось таковым до тех пор, пока Эйнштейн не сделал свое революционное заявление о том, что трехмерное пространство, в котором мы живем, искривлено. Согласно теории Эйнштейна, искривление пространства вызвано гравитационными полями тяжелых тел. Рядом с любым тяжелым объектом пространство искривляется, и степень этого искривления, то есть несоответствия данного участка пространства законам евклидовой геометрии, зависит от величины массы этого объекта.

Уравнения, описывающие соотношения между искривлением пространства и распределением материи в этом пространстве, называются уравнениями поля Эйнштейна. При их помощи можно не только определить степень искривленности пространства вблизи от звезд и планет, но и выяснить, существует ли всеобщее, крупномасштабное искривление пространства. Одним словом, уравнение Эйнштейна позволяет определить структуру Вселенной как целого. К сожалению, они могут быть решены не единственным способом. Возможно несколько вариантов решения таких уравнений, каждый из которых представляет модель строения Вселенной, рассматриваемую в космологии (некоторые из них будут охарактеризованы в следующей главе). Главная задача современной космологии — определить, которая из моделей наилучшим образом описывает строение нашей Вселенной. Поскольку в теории относительности время не может быть отделено от пространства, искривление, вызванное гравитацией, имеет место не только в трехмерном пространстве, но и в четырехмерном пространстве-времени, поскольку именно об этом говорит нам общая теория относительности. В искривленном пространстве-времени искажения затрагивают не только пространственные соотношения, описываемые геометрией, но и продолжительность промежутков времени. Время здесь течет с другой скоростью, отличающейся от течения времени в "плоском пространстве-времени", и скорость изменяется вместе со степенью искривления пространства в зависимости от наличия вблизи тяжелых тел. Однако важно не выпускать из виду то обстоятельство, что изменения в скорости течения времени может заметить только такой наблюдатель, который удален от часов, фиксирующих эти изменения. Если же наблюдатель отправится в некоторое место, где время течет медленнее, все его часы тоже замедлили бы ход, и он потерял бы всякую надежду измерить эффект.

Здесь, на Земле, гравитация воздействует на пространство и время крайне незначительно, но в астрофизике, которая имеет дело с телами исключительно большой массы — такими, как планеты, звезды и галактики, — искривление пространства-времени является чрезвычайно важным фактором. До сих пор все наблюдения в данной области подтверждали правильность выводов Эйнштейна и вселяли в нас уверенность в том, что пространство-время в самом деле искривлено. Наиболее своеобразным проявлением искривления представляются процессы, происходящие во время гравитационной гибели звезд. Согласно современной астрофизике, каждая звезда достигнет определенного этапа своего развития, на котором она прекращает свое существование вследствие взаимного гравитационного притяжения частиц, составляющих ее. Поскольку, по мере сокращения расстояния между частицами, это притяжение резко возрастает, процесс уничтожения получает ускорение, и если звезда обладает достаточно большой массой, что означает, что ее масса не менее, чем в два раза больше массы Солнца, ни один известный нам процесс не может предотвратить гибель звезды, которая, к тому же, будет происходить совершенно непредсказуемым образом.

По мере того, как звезда уменьшается в размерах, увеличивая свою плотность, гравитация на ее поверхности проявляется все сильнее и сильнее, и пространство-время вблизи нее искривляется. Благодаря возрастанию гравитации на поверхности звезды становится все сложнее и сложнее удалить что-либо от нее, и в результате звезда достигает такой стадии, на которой ничто, включая свет, не может оторваться от ее поверхности. На этой стадии мы говорим, что вокруг звезды формируется "событийный горизонт", поскольку ни один сигнал не способен донести до окружающего мира известия о том, что происходит на поверхности звезды. Пространство, окружающее звезду, очень сильно искривлено, и даже свет не может вырваться из этой тюрьмы. Мы не можем увидеть такую звезду, поскольку ее свет не может дойти до нас. По этой причине такие звезды называются "черными дырами". Существование "черных дыр" было предсказано уже в 1916 году, и об этом впоследствии вспомнили в связи с недавно открытыми звездными явлениями, которые могут косвенно доказать существование "черных дыр", так как свидетельствуют о том, что тяжелая звезда движется по орбите вокруг некоего невидимого объекта, который может представлять собой "черную дыру".

"Черные дыры" принадлежат к числу наиболее загадочных и необычных объектов, исследуемых современной астрофизикой, и служат иллюстрацией действия теории относительности. Сильная искривленность пространства-времени в районе черной дыры не только не позволяет лучам света достичь нас, но также оказывает значительное влияние на время. Если бы на поверхности звезды, которая приближается к своей гибели, находились часы, доступные нашему зрению, то мы увидели бы, что течение времени на циферблате этих часов постепенно замедляется по мере того, как звезда приближается к своей гибели, а когда звезда превращается в "черную дыру" показания часов вообще перестанут доходить до нас со светом. Для стороннего наблюдателя поток времени на поверхности звезды замедляется по мере продвижения звезды к гибели и полностью останавливается на уровне событийного горизонта. Поэтому можно утверждать, что процесс абсолютной гибели звезды бесконечен. Однако с самой звездой в момент достижения ею событийного горизонта ничего особенного не происходит. Течение времени остается тем же, и через некоторый, конечный период времени звезда прекращает свое существование, сокращаясь до размеров точки, имеющей невероятно большую плотность. Итак, сколько времени занимает продвижение звезды к гибели — бесконечность или некоторый промежуток времени? В мире теории относительности такой вопрос просто не имеет никакого смысла. Продолжительность существования гибнущей звезды, как и все прочие промежутки времени, относительна и зависит от системы координат, выбранной наблюдателем. # # То есть, чтобы достичь нирваны и выпасть из времени, # достаточно достичь скорости света? — АБ. #

Общая теория относительности полностью отказывается от классических представлений о пространстве и времени, как о категориях, имеющих абсолютную и самостоятельную природу. Относительны не только все измерения в пространстве и времени, зависящие от состояния движения наблюдателя, но и сама структура пространства-времени определяется тем или иным распределением вещества во Вселенной. В различных частях Вселенной пространство характеризуется той или иной степенью искривленности, и время течет с разной скоростью. Таким образом, мы приходим к выводу о том, что наши представления о трехмерном евклидовом пространстве и о линейном времени коренятся в области наших повседневных знаний о физическом мире и оказываются бесполезными за пределами этой области.

Восточные мудрецы тоже говорят о том, что переход к более высоким состояниям сознания обогащает человеческое восприятие, и признают, что одной из неотъемлемых характеристик необычных состояний сознания является радикально новый подход к понятиям времени и пространства. Они подчеркивают не только тот факт, что медитация открывает путь в многомерное пространство, но и тот факт, что при этом исчезает привычное ощущение хода времени. Вместо линейной последовательности отдельных мгновений они имеют дело с бесконечным, безвредным и, тем не менее, динамически настоящим — по их собственным утверждениям. В приведенных ниже отрывках три восточных мистика рассуждают о восприятии этого "вечного сейчас": даосский мудрец Чжуан-цзы, шестой патриарх дзэн Хуэйнэн и современный исследователь буддизма Д. Т. Судзуки.

> *"Забудем о течении времени; забудем о противостоянии суждений. Обратимся к бесконечности и займем свое место в ней" [17, гл. 2]. ЧЖУАН-ЦЗЫ*

> *"Абсолютное спокойствие — это мгновение настоящего, хотя оно заключено в этом моменте, этот момент не имеет границ, и в этом — вечное наслаждение" [79,201]. ХУЭЙ-НЭН*

> *"В этом духовном мире не существует разграничения времени на прошлое, настоящее и будущее: они сливаются в одном единственном мгновении животрепещущего бытия... Этот момент озарения содержит в себе прошлое и будущее, но не стоит на месте со всем своим содержимым, а находится в непрестанном движении" [73, 148]. Д. Т. СУДЗУКИ*

Практически невозможно рассказать об ощущении бесконечности и безвременности настоящего, поскольку слова типа "безвременный", "настоящее", "прошлое", "мгновение" и т. д. относятся к довольно условным представлениям о времени. Поэтому очень сложно осознать истинное значение выше приведенных высказываний мистиков, однако современная физика, опять же, может нам помочь, изобразив графически, каким образом ее теории преодолевают ограниченность обычных представлений о времени.

Рис. 20. Мировые линии частиц

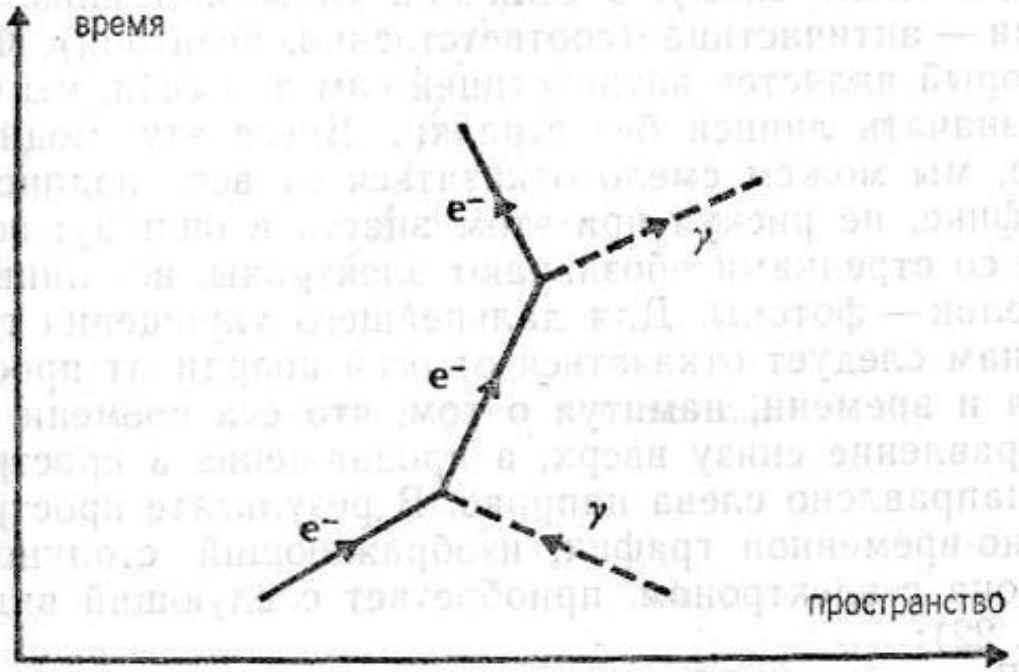


Рис. 21. Электрон-фотонное рассеивание

В релятивистской физике история объекта — скажем, частицы — может быть запечатлена на так называемом "пространственно-временном графике" (см. рис. 20). На этих графиках горизонтальная ось соответствует пространству (точнее, одному из его измерений: двумя остальными приходится пренебречь для того, чтобы можно было изобразить график на плоскости), а вертикальная — времени. Путь частицы в пространстве-времени называется ее "мировой линией". Если частица покоится, она, тем не менее, движется во времени, и ее мировая линия в данном случае представляет собой вертикальную линию. Если частица перемещается в пространстве, ее мировая линия становится наклонной: чем значительней наклон, тем выше скорость частицы. Заметим, что во времени частицы могут двигаться только вверх, в то время как в пространстве они способны перемещаться как вправо, так и влево. Их мировые линии могут приближаться к горизонтали, но никогда не совпадают с последней, так как это означало бы, что перемещение частицы от одной точки в другую происходит мгновенно.

Пространственно-временные графики используются в релятивистской физике для изображения взаимодействия между различными частицами. Для каждого процесса можно построить описывающий его график и вывести математическую формулу, характеризующую вероятность данного процесса. Так, процесс столкновения или "рассеивания" электрона и протона можно представить в виде графика на рис. 21. Этот график прочитывается следующим образом (снизу вверх согласно течению времени): Электрон, обозначенный как e^- из-за своего отрицательного заряда, сталкивается с фотоном, обозначенным как γ "гамма"; электрон поглощает фотон, продолжая движение с несколько изменившейся скоростью (на графике это отражается при помощи изменения угла наклона мировой линии); через некоторое время электрон испускает фотон, и восстанавливает первоначальное направление движения. Теория, рассматривающая эти пространственно-временные графики и сопровождающие их математические

формулы, называется квантовой теорией поля и является одной из самых важных релятивистских теорий современной физики, к рассмотрению которых мы перейдем позднее. Для продолжения разговора о пространственно-временных графиках нам достаточно познакомиться с двумя наиболее характерными особенностями этой теории, первая из которых заключается в том, что все взаимодействия сводятся к возникновению и исчезновению частиц, как, например, к поглощению и последующему испусканию фотона, изображенному на нашем графике; вторая имеет отношение к принципиальной симметричности частиц и античастиц. Для каждой частицы существует аналогичная античастица с такой же массой и противоположным зарядом. Так, античастица электрона называется "позитрон" и обычно обозначается как e^+. Для фотона, не имеющего электрического заряда, античастицей будет сам фотон. Фотон может спонтанно распадаться на позитрон и электрон, а последние, в свою очередь, могут объединиться и образовать фотон при обратном процессе аннигиляции.

Существует уловка, которая позволяет существенно упростить пространственно-временные графики. Стрелка на мировой линии используется в данном случае не для обозначения направления движения частицы, так как очевидно, что все частицы движутся во времени вперед, а по графику (рис. 20), соответственно, вверх. Стрелка используется для того, чтобы провести различие между частицами и античастицами: если стрелка направлена вверх, мы имеем дело с частицей (например, с электроном), а если она указывает вниз, перед нами — античастица (соответственно, позитрон). Фотон, который является античастицей сам для себя, мы будем обозначать линией без стрелки. Внеся эту модификацию, мы можем смело отказаться от всех подписей на графике, не рискуя при этом впасть в ошибку: все линии со стрелками обозначают электроны, все линии без стрелок — фотоны. Для дальнейшего упрощения графика нам следует отказаться от осей координат пространства и времени, памятуя о том, что ось времени имеет направление снизу вверх, а продвижение в пространстве направлено слева направо. В результате пространственно-временной график, изображающий столкновение фотона с электроном, приобретает следующий вид (см. рис. 22):

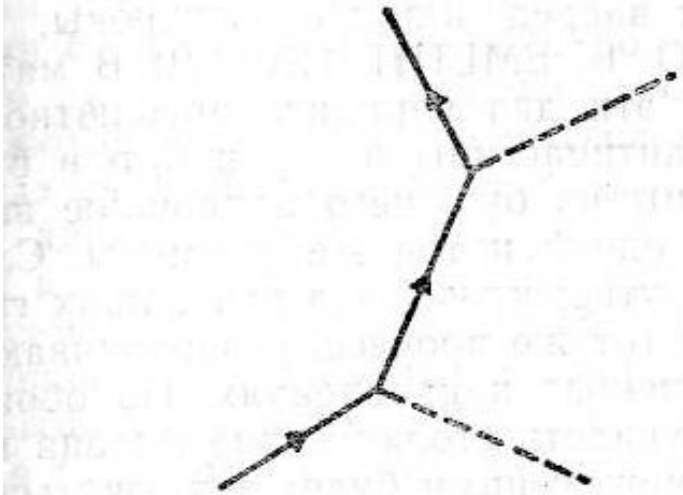


Рис. 22. Электрон-фотонное рассеивание

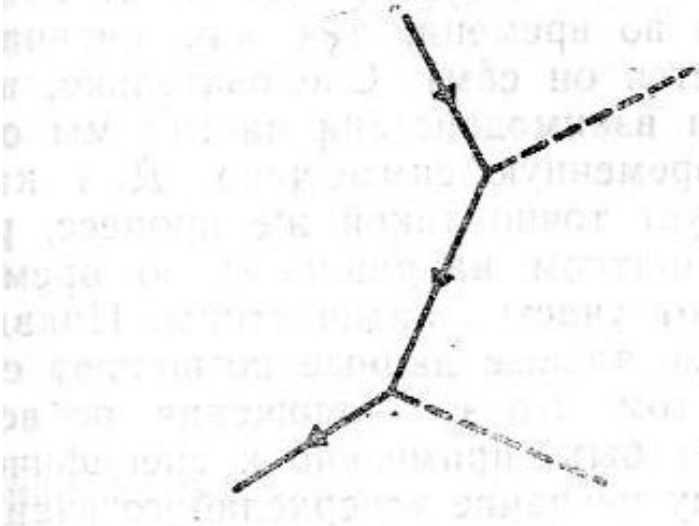


Рис. 23. Позитрон-фотонное рассеивание

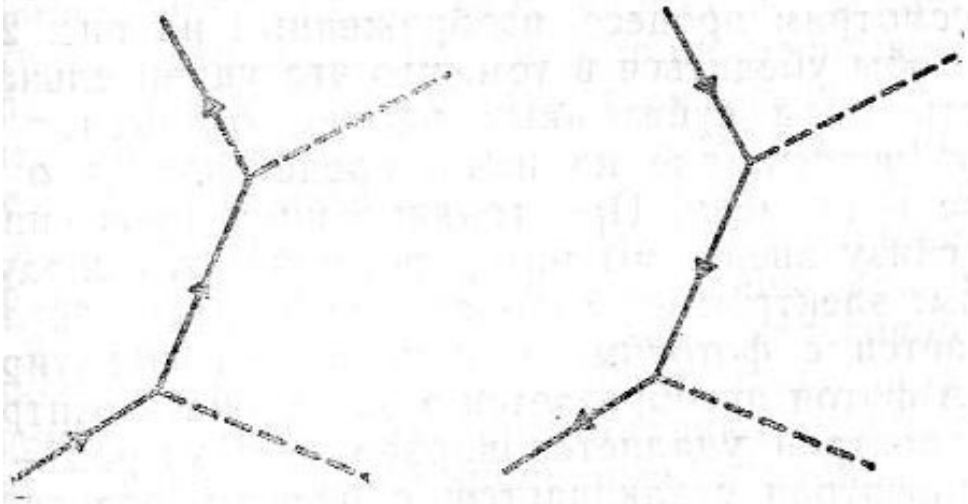


Рис. 24.

Для того, чтобы построить график, изображающий столкновение фотона с позитроном, требуется только изменить направление стрелок (см. рис. 23):

До сих пор мы не встретили на пространственно-временных графиках ничего необычного. Мы читали их снизу вверх, следуя подсказке наших условных представлений о линейном течении времени. Однако дело принимает совсем другой, неожиданный оборот при построении графиков столкновения фотона с позитроном. Математические формулы теории поля предоставляют возможность двоякой интерпретации подобного графика: на нем можно увидеть либо позитроны, перемещающиеся во времени вперед, или же электроны, ПЕРЕМЕЩАЮЩИЕСЯ ВО ВРЕМЕНИ НАЗАД! В математическом отношении эти два варианта абсолютно идентичны: движение античастицы из прошлого в будущее и движение частицы из будущего в прошлое выражаются при помощи одной и той же формулы. Следовательно, мы можем утверждать, что два наших графика (рис. 24) — один и тот же процесс, разворачивающийся во времени в различных направлениях. На обоих графиках мы вправе увидеть столкновение фотона и электрона, и разница между ними будет заключаться только в том, что в первом случае частицы движутся во времени вперед, а во втором случае — в противоположном направлении. (Прерывистые линии всегда обозначают движение фотона, вне зависимости от направления его движения во времени, так как античастицей для фотона является он сам). Следовательно, в релятивистской теории взаимодействия частиц мы обнаруживаем полную временную симметрию. Для каждого процесса существует точно такой же процесс, развертывающийся в обратном направлении во времени, в котором принимают участие античастицы. Правда, последние экспериментальные данные позволяют сделать предположение о том, что это положение, по всей видимости, не может быть применено к специфическому процессу, носящему название "сверхслабого взаимодействия". За этим единственным исключением, все остальные взаимодействия частиц обнаруживают принципиальную симметричность во временном отношении.

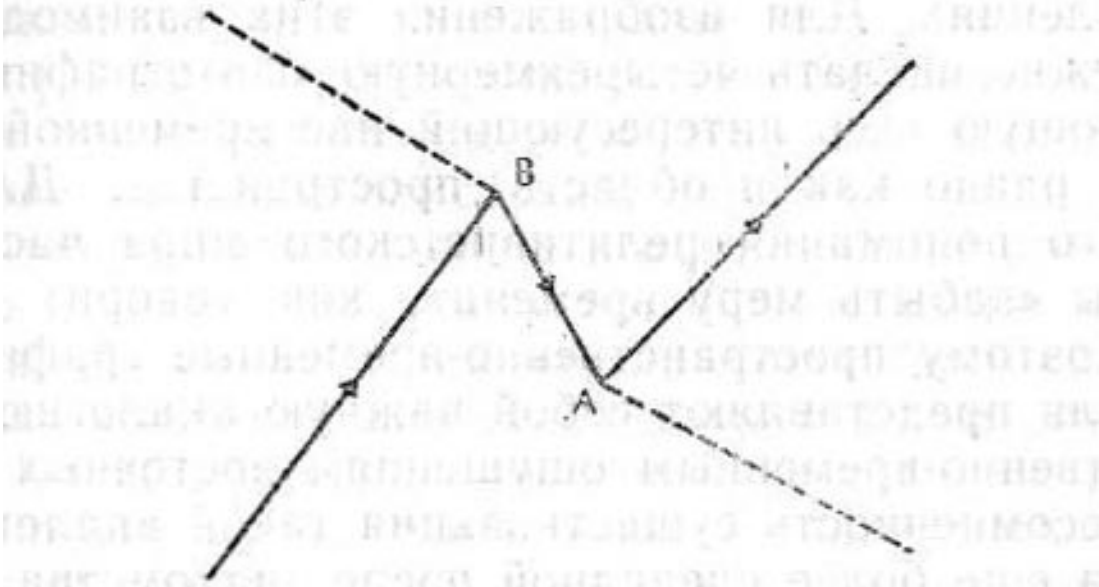


Рис. 25. Процесс рассеивания, включающий фотоны, электроны и позитрон

Рассмотрим процесс, изображенный на рис. 25, для того, чтобы убедиться в том, что эта удивительная особенность мира субатомных частиц оказывает самое сильное воздействие на наши представления о пространстве и времени. При традиционном прочтении графика, снизу вверх, мы интерпретируем его следующим образом: электрон e^-, изображенный сплошной линией, сближается с фотоном, изображенным пунктиром; в точке А фотон преобразуется в электронно-позитронную пару, электрон удаляется вправо, а позитрон — влево; затем позитрон сталкивается с первым электроном в точке В, происходит процесс аннигиляции, результатом которого является возникновение фотона, движущегося влево. Этот процесс можно рассмотреть и как взаимодействие двух фотонов с одним и тем же электроном, дважды изменяющим направление своего движения во времени. В последнем случае мы руководствуемся указаниями стрелок на линии электрона на всем протяжении его пути; электрон перемещается в точку В, испускает фотон и начинает двигаться в прошлое до точки А; здесь он поглощает исходный фотон и снова начинает двигаться в будущее. В определенном смысле, второй вариант гораздо проще первого, так как в нем мы имеем дело с мировой линией одной частицы. С другой стороны, при этом мы сталкиваемся с серьезными языковыми проблемами. Электрон перемещается "сначала" в точку В, а "потом" в точку А; тем не менее, поглощение фотона в точке А предшествует эмиссии другого фотона в точке В.

Этих сложностей можно избежать, если рассматривать пространственно-временные графики не в качестве отображения продвижения частиц во времени, а в качестве четырехмерных пространственно-временных паттернов, изображающих ряд взаимосвязанных событий, не имеющих четко определенной временной последовательности. Поскольку все частицы могут перемещаться во времени вперед и назад, точно также, как в пространстве им доступны перемещения как вправо, так и влево, будет, по меньшей мере, нелогично интерпретировать эти графики в терминах

однонаправленности времени. Эти графики представляют собой четырехмерные пространственно-временные картины, к которым не применимо понятие последовательности во времени:

> *"Все то, что каждый из нас воспринимает как прошлое, настоящее и будущее, в пространстве-времени оказывается слитым воедино... Наблюдатель сталкивается с различными гранями пространства-времени и видит в них сменяющие друг друга явления материального мира, хотя на самом деле нерасчленимая слитая целостность всех явлений, составляющих пространство-время, предшествует его восприятию наблюдателем" [68.144].*

Именно в этом заключается точное значение понятия "пространство-время" в релятивистской физике. Пространство и время эквивалентны друг другу; вместе они составляют четырехмерный континуум, в котором взаимодействия частиц могут развертываться в любых направлениях. Для изображения этих взаимодействий нам нужно сделать четырехмерную "фотографию", отображающую весь интересующий нас временной промежуток, равно как и область пространства. Для правильного понимания релятивистского мира частиц мы должны "забыть меру времени", как говорит Чжуанцзы. Поэтому пространственно-временные графики теории поля представляют собой важную аналогию к пространственно-временным ощущениям восточных мистиков. Несомненность существования такой аналогии становится еще более очевидной после знакомства с замечаниями Ламы Говинды по поводу медитации в буддизме:

> *"Говоря о пространстве-времени применительно к медитации, мы имеем в виду совершенно самостоятельное измерение... При таком восприятии пространственно-временная последовательность преобразуется в одновременность существования различных вещей бок о бок друг с другом... которое, в свою очередь, тоже не остается неподвижным, но превращается в непрерывный временной континуум, в котором пространство и время сливаются друг с другом" [31,116].*

Хотя физики для описания неразрывно связанных взаимодействий пользуются математическими формулами и графиками в четырехмерном пространстве-времени, они говорят, что в реальной действительности наблюдатель не может воспринимать явления иначе, кроме как в форме последовательности различных эпизодов пространства-времени, то есть в форме временной последовательности. Мистики же, напротив, утверждают, что им доступно истинное непосредственное восприятие всего пространственно-временного континуума, внутри которого не существует течения времени. Так, дзэнский наставник Догэн говорит: "Многие верят, что время проходит, но фактически оно остается там, где есть. Представление о "прохождении" можно назвать "временем", но это — ложное представление, ибо если зришь его только как прохождение, то не сможешь понять, что оно остается там, где есть" [42, 140].

Многие восточные наставники подчеркивают тот факт, что мышление должно развиваться во времени, в то время как зрительное восприятие способно преодолевать барьер времени. "Зрительное восприятие, — говорит Говинда, — связано с пространством более высокого измерения, а следовательно, свободно от уз времени" [17, 270]. Пространство-время релятивистской физики представляет собой именно такое пространство, более высокого измерения, лишенное оков времени. Все явления, происходящие в нем, связаны друг с другом, но эти связи не носят причинно-следственного характера. Взаимодействия частиц могут быть описаны в терминах причин и следствий только в том случае, если мы читаем графики пространства-времени, последовательно двигаясь в том или ином направлении, например, снизу вверх. Если же видеть в них пространственно-временные паттерны без той или иной временной направленности, такие понятия, как "до" и "после", исчезают, и нет уже никакой причинностной связи.

Сходным образом восточные мистики утверждают, что преодоление уз времени позволяет им оказаться в мире, в котором не существует ни причин, ни следствий. Подобно общепринятым представлениям о пространстве и времени, понятие причинности уместно только в рамках суженного, ограниченного мировосприятия. При расширении мировосприятия оно должно быть отвергнуто. Как говорит Свами Вивекананда,

> *"Время, пространство и причинность похожи на стекло, сквозь которое мы смотрим на Абсолют... В самом же Абсолюте нет ни времени, ни пространства, ни причинности".*

Восточные духовные традиции предлагают своим последователям различные способы освобождения от привычного ощущения времени и от оков причинно-следственных связей — от уз "КАРМЫ", как выражаются индуисты и буддисты. По этой причине восточный мистицизм получил наименование "освобождения от времени". В определенном смысле, такое определение подходит и для релятивистской физики.

Глава 13.
ДИНАМИЧЕСКАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Основная цель восточного мистицизма — достижение такого мировосприятия, при котором все явления воспринимаются как манифестации одной и той же высшей реальности. В этой реальности восточные мистики видят первосущность Вселенной, лежащую в основе всего многообразия наблюдаемых нами предметов и явлений. Индуисты называют ее "Брахман", буддисты — "Дхармакайя" ("Тело Сущего") или "Татхата" ("таковость"), а даосы — "Дао"; при этом все они утверждают, что эта реальность лежит за пределами интеллектуального восприятия, и поэтому не может получить более точного определения. В то же время, высшая сущность не может быть отделена от ее многообразных проявлений. В самом сердце его природы заложено стремление постоянно воплощаться в мириадах возникающих, гибнущих и превращающихся друг в друга форм. В своем явленном аспекте космическое Целое динамично по своей природе, и осознание его динамической сущности объединяет все школы восточного мистицизма. Так, Д. Т. Судзуки пишет о школе Кэгон — одном из направлений буддизма Махаяны:

> *"Основная идея Кэгон — достижение динамического мировосприятия этого мира — беспристрастно движущегося, видоизменяющегося, склонного к непрерывному преобразованию, которое и воплощает в себе идею жизни" [71,53].*

Подчеркнутое внимание к движению, текучести и изменчивости мира характерно не только для восточного мистицизма, но и вообще для мистиков как таковых. Так, Гераклит в древней Греции создал учение о том, что "все течет", и сравнил мир с вечным пламенем, а в Мексике маг из племени яки по имени дон Хуан рассуждает об "исчезающем мире", утверждая, что: "Для того, чтобы стать человеком знания, нужно быть легким и подвижным, как вода" [10, 16].

В индийской философии все индийские и буддийские термины имеют смысловой оттенок динамичности. Слово "Брахман", образованное от корня "БРИХ" ("расти"), используется для обозначения динамической и живой реальности. По словам С. Радхакришнана, "слово "Брахман" означает "рост" и наводит на мысль о жизни, движении и совершенствовании" [62, 173]. Упанишады говорят о Брахмане как о "чем-то неоформленном, бессмертном, пребывающем в движении", соотнося его, таким образом, с идеей движения, несмотря на то, что Брахман лежит вне всех форм.

"Ригведа" использует для обозначения динамической природы Вселенной другой термин — "РИТА". Это слово образовано от корня "РИ-" ("двигаться"), его первоначальное значение в "Ригведе" было — "природный процесс, миропорядок". Это понятие занимает заметное место во всех Ведах, будучи так или иначе связано со всеми ведическими божествами. Ведические мудрецы воспринимали порядок не как раз и навсегда установившийся закон, а как динамический принцип, общий для всей Вселенной. Эти представления соотносятся с китайскими понятиями "Дао", что значит "Путь" — путь, по которому движется развитие Вселенной, то есть, опять же, миропорядок. Подобно ведическим мудрецам, китайские философы описывают мир в терминах текучести и изменчивости, что придавало их учению о космическом законе в высшей степени динамический характер. Впоследствии оба эти понятия — и "РИТА", и "Дао" — стали употребляться не только на первоначальном космическом уровне, но и по отношению к миру человека и получили этическую интерпретацию; РИТА стала восприниматься как общий закон, которому должны подчиняться как люди, так и божества; Дао превратился в правильный образ жизни.

Используемое в Ведах понятие "РИТА" предвосхищает понятие "КАРМА", которым впоследствии стали обозначать динамическую взаимосвязанность всех предметов и явлений. Слово "КАРМА" обозначает "деяние" и описывает "активную", или динамическую, взаимосвязь всех явлений. Говоря словами "Бхагавадгиты", "все деяния проистекают во времени благодаря переплетению сил природы" [54, 8, 3]. Будда придал традиционному понятию кармы новое значение, распространив представления о всеобщей динамической взаимосвязанности на сферу человеческих взаимоотношений и поступков. После этого слово "КАРМА" стало обозначать непрерывную цепь причин и следствий, имеющих место в человеческой жизни, которую самому Будде удалось разорвать в момент просветления.

В индуизме динамическая природа Вселенной описывается при помощи мифологических образов. Кришна говорит в "Гите": "Если бы я не участвовал в движении, эти миры прекратили бы свое существование" [54, 3, 24]. Шива, Космический Танцор, представляет собой наилучшее воплощение идеи динамической Вселенной. В процессе танца Шивы получают становление многочисленные явления нашего мира, все сущее объединяется единой пульсацией ритма этого танца и принимает в нем непосредственное участие. Таков величественный образ, иллюстрирующий динамическое единство Вселенной.

Индуисты воспринимают мир как гармоничный, растущий и ритмически сокращающийся космос, в котором все подвержено беспрестанным изменениям, и все устойчивые формы представляют собой воплощение "майи", то есть существуют только в качестве иллюзорных понятий. Последняя идея — идея непостоянства всего сущего — стала отправной точкой для буддизма. Будда учил, "что все составные вещи не вечны", и что все страдания на свете продолжаются нашей приверженностью к устойчивым формам — предметам, людям и понятиям, которая заслоняет от нас мир в его истинном облике — в движении и изменчивости. Поэтому динамическая картина мира составляет основу буддистского мировоззрения. По словам С. Радхакришнана,

"2500 лет тому назад Будда создал удивительную философию динамизма... Будда сформулировал положения философии перемен, исходя из того, что все вещи преходящи и пребывают в непрестанном становлении и преобразовании. Он стал воспринимать понятия вещества, души, монады, предмета в терминах сил, движений, последовательностей и процессов, и его мировоззрение приобрело динамический характер" [62,367].

Буддисты называют этот вечно становящийся мир "САНСАРОЙ" (буквально — "в непрерывном движении"), и утверждают, что ничто в этом мире не заслуживает привязанности. Поэтому просветленная личность для буддистов — это такой человек, который не сопротивляется естественному течению жизненного процесса, а движется вместе с ним. Когда чаньского монаха Юнь-мэня спросили: "Что такое Дао?", его ответ был крайне лаконичным; "Прогуляйся!". Это заставляет нас вспомнить о том, что одно из имен Будды — "Татхагата", или "Тот, кто приходит и уходит таким образом". В китайской философии действительность, вечно пребывающая в процессе текучести и изменений, получила название "Дао" и стала рассматриваться как космический процесс, в котором участвует все сущее. Даосы, как и буддисты, говорят, что нужно не сопротивляться этому движению, а напротив, приноравливать к нему свои поступки. Именно такой подход характерен для китайских мудрецов — просветленных. Если Будда "приходит и уходит таким образом" то даос "течет", по выражению Хуэй Нань-цзы, "вместе с течением Дао" (см. гл. 9).

Чем больше мы будем изучать религиозные и философские трактаты индусов, буддистов и даосов, тем более очевидным будет тот факт, что все они описывают мир в терминах движения, текучести и изменчивости. Динамический характер восточной философии представляется нам одной из важнейших ее особенностей. Восточные мистики воспринимают Вселенную как неразрывную сеть, переплетения которой носят не статический, а динамический характер. Эта космическая сеть наделена жизнью, она непрестанно движется, растет и изменяется. Современная физика, в конечном итоге, тоже пришла к восприятию мира в виде своеобразной сети взаимоотношений и, подобно восточному мистицизму, постулирует внутреннюю динамичность этой сети. С динамическим аспектом материи мы сталкиваемся в квантовой теории, описывающей двойственную природу субатомных частиц, одновременно обладающих свойствами частиц и волн, и, в еще большей степени, — в теории относительности, в которой единство пространства и времени, как мы увидим далее, предполагается, что материя не может существовать вне движения. Следовательно, свойства субатомных частиц можно объяснить только в контексте динамической картины мира, то есть в терминах перемещений, взаимодействий и преобразований.

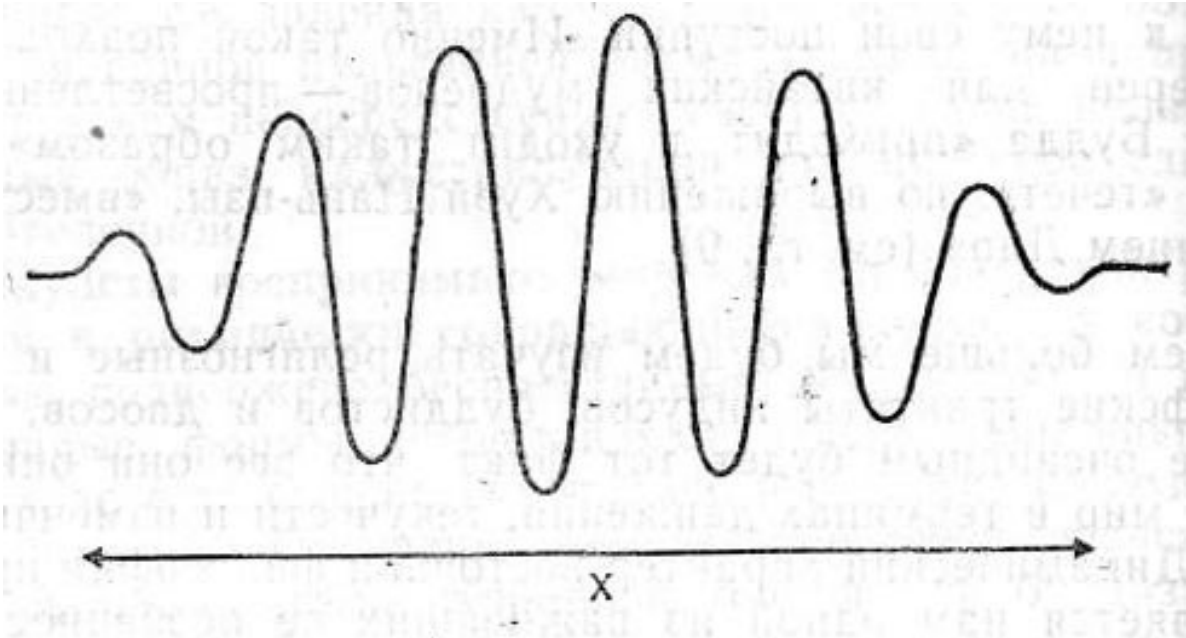


Рис. 26. Волновой пакет x

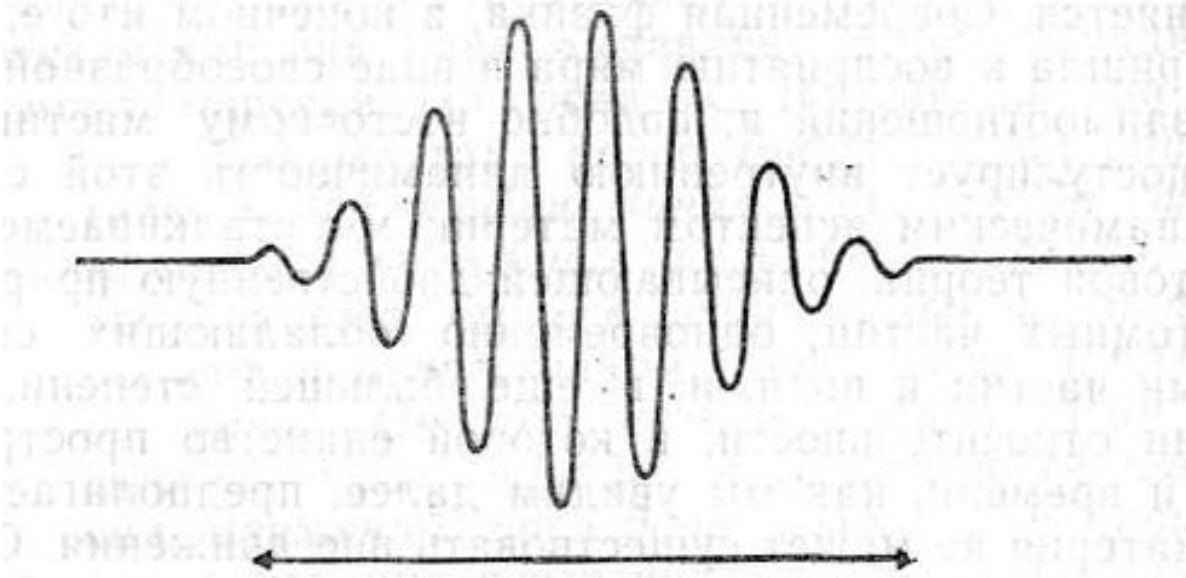


Рис. 27. Сжатие волнового пакета в более малую область

Согласно квантовой теории, частицы одновременно считаются волнами, что делает их поведение крайне необычным. Если мы ограничим субатомную частицу внутри небольшого замкнутого пространства, она отреагирует на эти пространственные ограничения тем, что начнет колебательные движения внутри отведенного ей пространства. Этот факт относится к числу типичных "квантовых эффектов", не имеющих аналогов в макроскопическом мире. Для того, чтобы понять механизм этого явления, мы должны помнить, что в квантовой теории частицам соответствуют "пучки", или "пакеты" волн. Как говорилось в гл. 12, длина волны в таком "пакете" представляет неопределенность нахождения частицы. К примеру, изображенный на рис. 26 "пакет" волн соответствует частице, находящейся где-то в районе X; где именно, мы с уверенностью сказать не можем. Если мы хотим более точно определить местонахождения частицы, то есть ограничить ее движение в меньшем объеме пространства, нам нужно сжать ее "пакет" волн (см. рис. 27). При этом, правда, изменится длина волны этого "пакета" волн, а следовательно, и скорость частицы. В результате частица будет продолжать двигаться, и чем ограниченней станет объем пространства, тем выше будет скорость ее движения.

Способность частиц реагировать на сжатие путем увеличения скорости движения говорит о фундаментальной подвижности материи, которая становится очевидной при углублении в субатомный мир. В этом мире большинство

частиц приковано к молекулярным, атомным и ядерным структурам, а следовательно, они не покоятся, а находятся в состоянии хаотического движения — они подвижны по своей природе. Квантовая теория показывает, что вещество постоянно движется, не оставаясь в состоянии покоя ни на минуту. В макроскопическом мире все тела, окружающие нас, кажутся пассивными и неподвижными, но стоит взять в руки увеличительное стекло, и "мертвый" камень или металл сразу же обнаруживает неопровержимые доказательства своей динамической сущности. Чем больше увеличение, тем более динамический характер приобретает наблюдаемая нами картина. Все материальные предметы, которые мы видим вокруг себя, состоят из атомов, связанных между собой внутримолекулярными связями различного типа и образующих таким образом молекулы, не неподвижны: они находятся в беспрестанном хаотическом колебательном движении, характер которых зависит от термических условий вокруг атомов. Электроны внутри движущихся атомов удерживаются поблизости ядра при помощи электрических сил, причем электроны реагируют на пространственные ограничения, вызванные этими силами, тем, что увеличивают скорость своего движения. Протоны и нейтроны внутри ядра связаны между собой ядерными силами. Ядерные частицы тоже всегда очень быстро движутся.

Современные физики представляют материю вовсе не как пассивную и инертную, но как пребывающую в непрестанном танце и вибрации, ритмические паттерны которых определяются молекулярными, атомарными и ядерными структурами. Таков же образ видения материального мира и восточными мистиками. Все они подчеркивают, что Вселенную надо рассматривать в целом динамической, ибо она движется, вибрирует и танцует; что природа пребывает не в статическом, а в динамическом равновесии. Или, словами даосского текста:

> *"Покой в покое не есть истинный покой. Только тогда, когда покой в движении, только тогда и может проявиться духовный ритм, который наполняет собой Небеса и Землю" [50, 229].*

В физике динамическая природа мироздания становится очевидной для нас не только при углублении в мир бесконечно малого, но и при изучении астрономических явлений. Мощные телескопы помогают ученым следить за непрестанным движением вещества в космосе. Вращающиеся облака газообразного водорода, сгущаясь, превращаются в звезды. При этом их внутренняя температура во много раз возрастает. Достигнув этой стадии, облака продолжают вращаться, время от времени выбрасывая в пространство сгустки вещества. Последние, конденсируясь, превращаются в планеты. Через миллионы лет, когда водородное топливо подходит к концу, звезда начинает увеличиваться в размерах, расширяться, затем процесс расширения резко изменяет свое направление и превращается в процесс сжатия, завершающийся последним аккордом — гравитационным коллапсом. В результате коллапса могут произойти грандиозные взрывы, а звезда может стать "черной дырой". Все эти процессы — от образования звезды из межзвездных газовых облаков до их финального коллапса — происходят в различных уголках Вселенной в тот самый момент, когда Вы читаете эту книгу. Совокупности вращающихся, расширяющихся, сжимающихся и взрывающихся звезд образуют галактики различной формы — плоские диски, сферы, спирали и так далее, которые тоже, в свою очередь, не бывают в неподвижности. Млечный Путь, наша галактика, представляет собой огромный диск, состоящий из звезд и газообразных скопление веществ, вращающихся в пространстве, подобно гигантскому колесу. При этом все входящие в галактику звезды описывают вокруг ее центра окружности разного диаметра. Вселенная состоит из колоссального множества беспорядочно движущихся галактик, рассеянных в бескрайнем пространстве.

Изучая Вселенную как единое космическое целое, мы достигаем наивысшего уровня пространства-времени и с удивлением обнаруживаем, что даже здесь вещество не утрачивает своего непреодолимого стремления к движению и изменчивости: мы сталкиваемся с явлениями расширения Вселенной! Это явление было одним из последних открытий современной астрономии. Тщательное изучение данных позволило ученым обнаружить, что совокупность галактик постоянно расширяется, причем скорость удаления галактик от наблюдателя прямо пропорциональна разделяющему их расстоянию: при двукратном увеличении расстояния скорость тоже возрастает в два раза. Это утверждение верно не только для нашей галактики, но и для всех остальных. В какой бы галактике мы ни оказались, остальные — соседние — будут удаляться от нас с большей скоростью, а скорость движения самых дальних галактик приблизится к скорости света. Свет, исходящий от еще более удаленных галактик, просто не мог бы дойти до нас быстрее скорости света. Говоря словами сэра Артура Эддингтона, их свет был бы похож "на бегуна, бегущего по дорожке стадиона, которая постоянно растет, так что финишная черта удаляется от него быстрее, чем может бежать он сам".

Для того, чтобы лучше выяснить, что именно понимается под расширением Вселенной, нужно не забывать о том, что явления макромира рассматриваются в общем контексте общей теории относительности Эйнштейна. Согласно последней, пространство является не "плоским", а "искривленным", причем характер искривления зависит от распределения вещества во Вселенной. Эту зависимость описывают выведенные Эйнштейном уравнения поля. Эти уравнения, положенные в основу современной космологии, характеризуют общую структуру Вселенной.

Говоря о расширяющейся Вселенной в контексте общей теории относительности, мы имеем в виду расширение в плане более высокого измерения. Эта фраза приобретает более ясный смысл, если мы обратимся к аналогии из двух измерений, как мы делали в случае понятия искривленного пространства. Представим себе воздушный шарик, поверхность которого усеяна множеством точек. Шарик изображает Вселенную, его двухмерная искривленная поверхность изображает двухмерное пространство, а точки на его поверхности — галактики, содержащиеся во Вселенной. Когда мы надуваем шарик, расстояния между всеми точками увеличиваются. Если при этом мы представим, что находимся на одной из них, все остальные точки будут удаляться от нас. Расширение Вселенной очень похоже на

приведенный нами пример: в какой галактике ни оказывался бы наблюдатель, все остальные галактики будут удаляться от него (см. рис. 28).

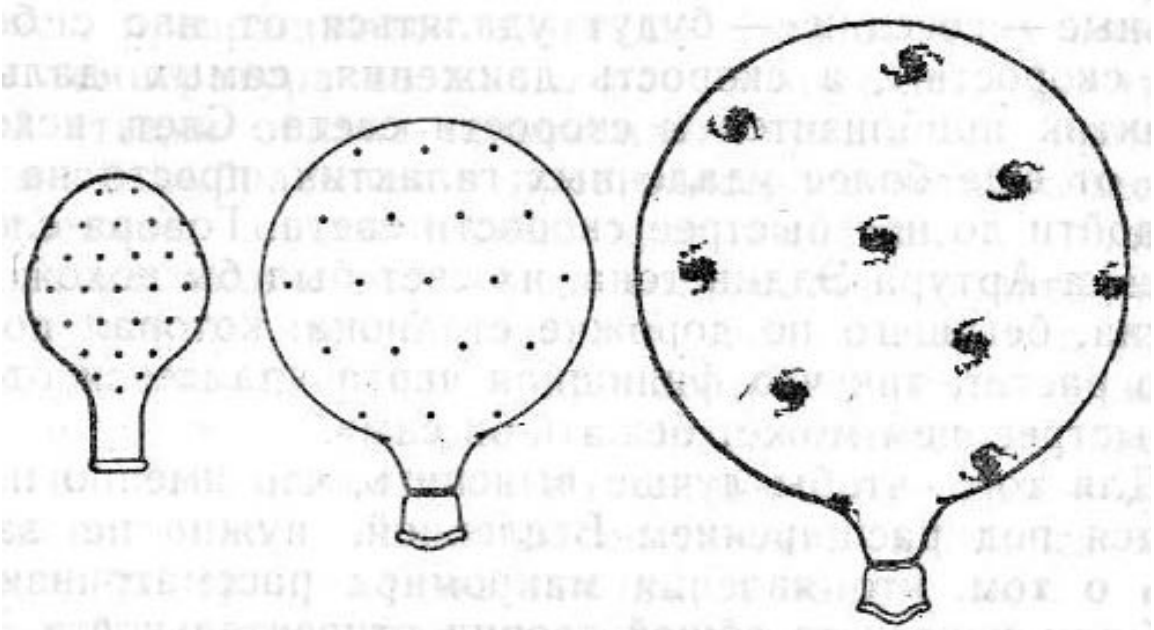


Рис. 28.

Возникает вполне естественный вопрос о том, как началось это расширение. Приняв в расчет зависимость между удаленностью той или иной галактики и теперешней скорости ее удаления от нас (эта зависимость известна под названием закона Хаббла), можно вычислить, в какой момент началось расширение Вселенной или, иными словами, ее возраст. Если мы предположим, что скорость расширения не изменялась, что, впрочем далеко не очевидно, то получим цифру 10.000 миллионов лет. Итак, мы узнали возраст Вселенной. Большинство современных ученых-космологов считают, что наша Вселенная произошла в результате взрыва первичного сгустка вещества, происшедшего более 10.000 миллионов лет тому назад. Зафиксированное в наши дни расширение Вселенной представляет собой "отголосок" этого далекого взрыва. Согласно теории "большого взрыва", последний привел к возникновению Вселенной и появлению пространства и времени. При попытке представить себе, что могло предшествовать этому моменту, мы снова попадаем в затруднительное положение из-за особенностей нашего мышления и языка. По словам сэра Бернарда Ловелла,

> *"Здесь перед нами вырастает непреодолимый психологический барьер, связанный с тем, что мы не знаем, как воспринимать понятия пространства и времени на этом этапе, когда они еще не существовали в нашем традиционном понимании. У меня при этом появляется такое ощущение, как будто я внезапно попал в густой туман, в котором предметы теряют свои привычные очертания" [51,93].*

Что касается дальнейшего расширения Вселенной, то уравнения Эйнштейна имеют несколько возможных решений, и выбор какого-либо из них определяется нашей моделью Вселенной. Некоторые модели предполагают, что расширение будет продолжаться вечно; согласно другим, оно уже замедляется, чтобы смениться противоположным процессом сжатия. Последние модели описывают "пульсирующую Вселенную", которая сначала в течении биллионов лет расширяется, а потом снова сжимается до тех пор, пока ее масса не станет равна небольшому сгустку огненного вещества, после чего снова начнет расширяться, и так бесконечно. Образ периодически расширяющейся и сокращающейся Вселенной был разработан не только современными физиками. В индийской мифологии такой образ существует в далекой древности. Индусы, считавшие, что мирозданию присущи два происходящих качества — гармоничность и ритмичность всех происходящих процессов, — создали динамическую космологическую модель Вселенной, которая оказывается довольно близкой к современным представлениям. Один из аспектов этой модели связан с индуистским понятием "ЛИЛА", что означает "божественная игра", в процессе которой Брахман преображает себя в мир (см. гл. 5). Лила имеет фазы, которые ритмически сменяют друг друга: космическое Целое дает начало множественности форм, которые вновь сливаются в Целом. Все это происходит с четкой периодичностью. В "Бхагавадгите" бог Кришна использует для описания этой божественной игры творения следующие слова:

> *"Когда завершается ночь времени, все вещи возвращаются к моей природе; при первом же проблеске зари нового дня я снова являюсь миру света.*
>
> *Так, при присвоении своей сущности я осуществляю акт всеобщего творения, который повторяется с круговращением времени.*
>
> *Тем не менее, дело творения не вовлекает меня в свой круговорот. Я существую, я наблюдаю за драмой становления.*
>
> *Я наблюдаю, и природа, постоянно пребывающая в состоянии творения, порождает все, что движется, и все, что не движется; так продолжается круговращение мира" [54, 9, 7 — 10].*

Индуистские мудрецы не останавливались перед тем, чтобы распространить сферу существования этой божественной игры на все мироздание. Они считали, что Вселенная претерпевает периодические, чередующиеся друг с другом процессы сжатия и расширения, и называли промежутки времени между началом и концом одного сотворения Вселенной КАЛЬПАМИ. Масштабность картины, нарисованной древними индуистами, представляется воистину впечатляющей. Для того, чтобы придти к сходным концепциям научным путем, человечеству понадобилось больше двух тысячелетий. Вернемся из бездонного космоса в мир бесконечно малого. В двадцатом веке ученые все глубже проникаются в мир субмикроскопических измерений, основными действующими лицами которого являются атомы, ядра и нуклоны. Главным стимулом для подобных вопросов служил вопрос, занимавший величайшие научные умы на протяжении столетий: "Из чего состоит вещество?". Люди задались этим вопросом с момента возникновения натурфилософии, но только в наше время для него удалось получить экспериментальные данные. Сложнейшие приборы позволили ученым заглянуть сначала во внутренний мир атома, узнав, что атом состоит из ядер и электронов, а затем исследовать строение атомных ядер, компонентами которых оказались протоны и нейтроны, получившие общее наименование нуклонов. За последние двадцать лет наука еще сделала шаг вперед, добившись значительных успехов в изучении строения нуклонов — компонентов атомного ядра, — которые, в свою очередь, тоже не являются последним уровнем строения вещества и тоже состоят из более мелких частиц.

Первое же знакомство с миром атомов привело к тому, что представление физиков об устройстве мироздания изменилось кардинальнейшим образом, что уже отмечалось в предыдущих главах. Второй шаг — проникновение в мир атомных ядер и их компонентов — имел ничуть не меньшее значение. В этом мире нам приходится иметь дело с частицами, размеры которых в сотни тысяч раз меньше, чем размеры атома, что обуславливает их более высокую скорость по сравнению с атомами. Они движутся так быстро, что для их описания необходима специальная теория относительности.

Поэтому для понимания свойств субатомных частиц и характера их взаимодействий используется такой подход, который сочетает квантовую теорию с теорией относительности, причем главная роль изменения наших представлений о мироздании принадлежит теории относительности.

Как уже говорилось выше, самая характерная особенность релятивистского подхода заключается в том, что он выявляет связи между такими фундаментальными понятиями, которые до этого представлялись ученым совершенно самостоятельными. Один из наиболее важных примеров — это эквивалентность понятий энергии и массы, сформулированная Эйнштейном в виде знаменитого уравнения "$E=mc^2$". Для того, чтобы уяснить фундаментальное значение их эквивалентности, рассмотрим сначала понятия массы и энергии по отдельности.

Энергия — одно из важнейших понятий, используемое для описаний природных явлений. Как и в повседневной жизни, в физике мы говорим, что тело обладает некоторой энергией, если оно способно совершить какую-либо работу. Энергия имеет множество разнообразных воплощений. Среди них энергия движения, тепловая энергия, энергия гравитации, электрическая энергия, химическая энергия и другие. Независимо от формы, энергия означает способность совершать работу. Например, камень, поднятый на некоторую высоту над землей, обладает гравитационной энергией. Если отпустить его, гравитационная энергия перейдет в энергию движения (кинетическую энергию), при падении же на землю камень может совершить механическую работу, разбив что-нибудь. Еще один пример — преобразование электрической или химической энергии в тепловую в бытовых приборах. В физике энергия всегда связана с протеканием тех или иных процессов, с теми или иными видами деятельности, и фундаментальное значение этого понятия заключается в том, что общее количество энергии, принимающей участие в процессе, подчиняется закону сохранения. Энергия может изменить свою форму, но не может прекратить свое существование вообще. Закон сохранения энергии принадлежит к числу важнейших законов физики. Ему подчиняются абсолютно все законы природы, и до сих пор не было обнаружено никаких свидетельств его несоответствия действительности.

Масса тела является мерой его собственного веса, то есть мерой гравитационного воздействия на него. Помимо этого, масса характеризует энергию тела, его сопротивления ускорениям, направленным извне. Тяжелые тела сложней привести в движение, чем легкие. Для того, чтобы убедиться в этом, попробуйте сдвинуть с места нагруженный грузовик. В классической физике понятие массы обычно ассоциируется с представлениями о некоей неуничтожаемой материальной субстанции — о материале, из которого, как тогда считалось, должны состоять все вещи. Масса, как и энергия, подчиняется закону сохранения и не может исчезать и появляться из ничего. Так утверждала классическая физика.

Однако теория относительности говорит, что масса — не что иное, как одна из форм энергии. Энергия не только может принимать разнообразные формы, которые стали известны еще в древности, но также может быть "законсервирована" в массе тела. Количество энергии, содержащееся, например, в частице, эквивалентно массе частицы, т, помноженной на скорость света в квадрате, то есть $E=mc^2$.

Если масса тела становится мерой энергии, она теряет свойство неуничтожимости и может свободно преобразовываться в другие формы энергии. Последнее имеет место при столкновениях субатомных частиц. Во время таких столкновений некоторые частицы могут прекратить свое существование, а энергия, содержащаяся в их массе, может преобразоваться в кинетическую энергию и перераспределиться между другими частицами, принимающими

участие при столкновении, и наоборот, при столкновении частиц, движущихся с очень большими скоростями, их кинетическая энергия может перейти в массу других частиц.

Создание и уничтожение материальных частиц — одно из самых впечатляющих явлений эквивалентности энергии и массы, В процессе столкновений, использующихся в физике высоких энергий, масса уже не сохраняется. Сталкивающиеся частицы могут быть уничтожены, а энергия, заключенная в их массах, может преобразоваться частично в кинетическую энергию других участников столкновения, а частично — в массы новых частиц. Приводя субатомные частицы к столкновению друг с другом, мы получаем возможность исследовать их свойства, которые не могут быть описаны без учета эквивалентности массы и энергии. Это подтверждалось много раз, а для ученых, занимающихся физикой частиц, это настолько очевидно, что они измеряют массы частиц в соответствующих количествах энергии. Открытие, что масса — ни что иное, как разновидность энергии, заставило нас кардинально пересмотреть наши взгляды на понятие частицы. В современной физике масса не рассматривается уже в качестве величины, определяющей наличие в том или ином объекте определенного количества некоторого материального вещества, или "материала", но в качестве величины, характеризующей наличие у того или иного объекта определенного количества энергии. Поскольку, энергия неразрывно связана с работой, процессами, субатомные частицы имеют в высшей степени динамическую природу. Для более глубокого понимания этого положения мы не должны забывать, что эти частицы следует рассматривать только в релятивистских терминах, которые предполагают, что пространство и время представляют собой неразрывный четырехмерный континуум. Частицы должно воспринимать не как неподвижные трехмерные объекты, похожие на бильярдные шары или крупинки песка, а как четырехмерные структуры в пространстве-времени. Их формы нужно понимать динамически — как формы пространства и времени. Субатомные частицы — это динамические структуры, каждая из которых имеет пространственный аспект и временной аспект. Пространственный аспект придает им характеристики объектов, обладающих некоторой массой, а временной аспект — характеристики процессов, в которых существует количество энергии, равное их массе.

Эти динамические паттерны, или "энергетические пучки", формируют стабильные ядерные, атомарные и молекулярные структуры, которые и образуют материю, придавая ей ее макроскопический твердый аспект. Это заставляет нас думать о том, что окружающие нас предметы состоят из некоей материальной субстанции. На макроскопическом уровне понятие материальной субстанции вполне уместно в качестве упрощения реального положения дел, но на уровне атома оно лишено всякого смысла. Атомы состоят из частиц, в которых нет никаких признаков материальной субстанции. При наблюдении за ними мы не находим никаких доказательств того, что перед нами — нечто вещественное, напротив, все говорит о том, что мы имеем дело с динамическими паттернами, постоянно преобразующимися и видоизменяющимися — с непрекращающимся танцем энергии.

Квантовая теория обнаружила, что частицы — это не изолированные крупицы вещества, а вероятностные модели — переплетения в неразрывной космической сети. Теория относительности вдохнула жизнь в эти абстрактные паттерны, пролив свет на их динамическую сущность. Она показала, что материя не может существовать вне движения и становления. Частицы субатомного мира активны не только потому, что они очень быстро движутся; они являются процессами сами по себе! Мы не можем отделить существование материи от производимой ею работы, эти понятия представляют собой только различные аспекты одной и той же пространственно-временной действительности.

В предыдущей главе мы рассуждали о том, что знания о "взаимопроникновении" времени и пространства привело восточных мистиков к выработке в высшей степени динамического мировосприятия. Сочинения мистиков доказывают, что они не только воспринимают мир в терминах становления и изменения, но также интуитивно ощущают "пространственно-временную" сущность всех материальных объектов, описанию которой посвящены все важнейшие теории современной физики. Физикам приходится учитывать единство времени и пространства при изучении субатомного мира, то есть частицы в терминах энергии, работы и процессов. Как представляется автору, необычные состояния сознания обнаруживают для мистиков связь между пространством и временем на макроскопическом уровне, вследствие чего их восприятие макроскопических объектов оказывается весьма близким к представлениям физиков о субатомных частицах. Особенно это бросается в глаза в буддизме. Одно из важнейших наставлений Будды звучит следующим образом: "Все составные вещи не вечны". В оригинальном тексте этого изречения на языке пали для выражения понятия "вещь" используется слово "САНКХАРА" (на санскрите — "САМСКАРА"), которое, в первую очередь, имеет значение "событие" или "происшествие", а также "деяние" или "свершение", и только потом — значение "существующая вещь". Это доказывает, что буддисты воспринимают мир динамически и видят в каждой вещи единичное проявление процесса вечного становления. По словам Д. Т. Судзуки,

> *"Буддисты воспринимают объект как событие, а не как вещь или материальную субстанцию... Буддийское представление о вещи, как о "самскаре" (или "санкхара"), то есть как о "деяниях" или "событиях", ясно указывает, что буддисты рассматривали восприятие человека в терминах времени и движения" [71,55].*

Так же, как современные физики, буддисты видят во всех материальных объектах не вещи, а процессы, отрицания существования материальной субстанции. Этот подход является общим для всех школ и направлений буддизма. Китайские философы тоже близки к подобному пониманию материального мира. Они воспринимают все его объекты как переходящие этапы бесконечного течения Дао. Их гораздо больше интересуют законы, регулирующие взаимоотношения отдельных объектов, а не решение проблемы мельчайших составляющих материи. "В то время, как

европейская философия склонна находить реальность в веществе, — пишет Джозеф Нидэм, — китайские философы склонны находить ее во взаимосвязях" [60, 478].

Динамическое мировоззрение восточных мистиков и современных физиков исключает возможность существования каких-либо устойчивых форм, а также какой бы то ни было материальной субстанции. Основными составляющими Вселенной являются динамические паттерны — преходящие этапы "нескончаемого тока преобразований и видоизменений", как говорил Чжуанцзы.

Согласно нашему современному представлению о материи, базовыми паттернами вещества являются субатомные частицы, и основная цель теоретической физики заключается сегодня в исследовании свойств и взаимодействий последних. Сейчас известно более двухсот частиц, большинство из которых создаются искусственно во время научных экспериментов и существуют в течении крайне непродолжительного отрезка времени — меньше одной миллионной доли секунды. Совершенно очевидно, что эти недолговечные частицы представляют собой лишь преходящие паттерны динамических процессов. Перечислим основные вопросы, которые могут быть поставлены по отношению к этим паттернам или частицам: Чем они отличаются друг от друга? Имеют ли они более мелкие составные части, а если имеют, то какие именно, или, если говорить более точно — какие еще паттерны принимают участие в их существовании? И наконец, если частицы являются процессами, то каковы эти процессы?

Мы уже убедились в том, что в физике частиц все эти вопросы переплетаются друг с другом. Поскольку все субатомные частицы имеют релятивистскую природу, мы не можем понять их свойства вне их взаимодействий. В результате основополагающего взаимопереплетения явлений субатомного мира мы не можем понять сущность одной частицы, не уяснив сущности всех остальных. Последующие главы посвящены описанию тех достижений, которые были сделаны современной физикой в исследовании свойств и взаимодействий частиц. Хотя всеобъемлющей квантовой теории относительности для описания субатомного мира еще не существует, за последние годы возникло несколько теорий и моделей, которые вполне успешно характеризуют некоторые аспекты мироздания. В процессе знакомства с наиболее значительными из этих теорий и моделей мы увидим, что все они прибегают к использованию философских понятий, которые удивительным образом гармонируют с основными представлениями восточных мистических учений.

Глава 14.
ПУСТОТА И ФОРМА

Классическая механика исходила из представлений о твердых и неделимых частицах, движущихся в пустоте. Современная физика пересмотрела эту картину самым кардинальным образом, существенно изменив наши взгляды не только на частицы, но и пустоту. Главная роль в этом принадлежит так называемым теориям поля. Все началось с того, что Эйнштейн обратил внимание на связь между гравитационными полями и геометрией пространства, и получило дальнейшее развитие после того, как ученые объединили квантовую теорию и теорию относительности для описания силовых полей вокруг субатомных частиц. В "теориях квантового поля" традиционное противопоставление между частицами и окружающим их пространством теряет свою очевидность, и пустота превращается в динамическую величину, имеющую колоссальное значение для физики.

Понятие "поле" было введено Фарадеем и Максвеллом в девятнадцатом веке для описания сил, взаимодействующих между электрическими зарядами и токами. Электрическое поле — это особое состояние пространства, окружающего заряженное тело, склонное воздействовать на любой другой заряд внутри пространства. Следовательно, электрические поля порождаются заряженными телами, и их действия могут ощутить на себе только заряженные тела. Магнитные поля порождаются движущимися зарядами, то есть электрическими токами, и возникающие между ними магнитные силы могут воздействовать на любые другие движущиеся заряды. В классической электродинамике, разработанной Фарадеем и Максвеллом, считается, что поля имеют самостоятельную физическую природу и могут рассматриваться вне связи с материальными объектами. Колеблющиеся электрические и магнитные поля могут перемещаться в пространстве в виде радиоволн, световых волн и различных других типов электромагнитного излучения.

Теория относительности сделала построение электродинамики гораздо более изящным, объединив понятия зарядов и токов, а следовательно, и электрических, и магнитных полей. Так как все движение относительно, любой заряд может восприниматься как ток — при условии выбора той системы координат, в которой он движется относительно наблюдателя, а значит, его электрическое поле может также проявиться и как магнитное. Поэтому в релятивистской формулировке электродинамики понятия электрического и магнитного полей объединяются в общее понятие электромагнитного поля.

Понятие поля связано не только с электромагнетизмом, но и с другой силой макроскопического мира — силой гравитации. Гравитационные поля подтверждаются всеми массивными телами и воздействуют на них же. Возникающие при этом силы всегда являются силами притяжения, в отличие от ситуации с электромагнитными полями, которые оказывают воздействия только на заряженные тела, порождая и силы притяжения, и силы отталкивания. Подходящей теорией поля для рассматриваемого гравитационного поля будет общая теория относительности, которая утверждает, что воздействие массивного тела на окружающее пространство имеет гораздо более далеко идущие последствия, чем аналогичное последствие заряженного тела в электродинамике. В данном случае пространство вокруг массивного тела тоже "упорядочивается" таким образом, что находящиеся поблизости тела начинают испытывать действие силы гравитации, но важнейшее отличие от электродинамики заключается в том, что это упорядочивание затрагивает геометрию пространства, то есть структуру.

Вещество и пустое пространство — наполненное и пустота — представляют собой два фундаментально различающихся понятия, на которых построен атомизм Демокрита и Ньютона. В общей теории относительности эти два понятия превращаются в одно. Массивное тело не может существовать, не создавая гравитационного поля, проявляющего себя в искривлении окружающего это тело пространства. Не следует, тем не менее, считать, что поле "наполняет" пространство, и тем самым искривляет его. Одно не может быть отдельным от другого: поле само по себе является искривленным пространством! В общей теории относительности гравитационное поле и структура, или геометрия, пространства воспринимается как одно и то же понятие. В уравнениях поля Эйнштейна им соответствует одна и та же математическая величина. Следовательно, в теории Эйнштейна вещество не мыслится вне этого гравитационного поля, а гравитационное поле не мыслится без искривленного пространства. Таким образом, вещество и пространство воспринимаются как непрерывно связанные понятия и даже более того, — как взаимосвязанные частицы единого целого.

Массивные тела не только определяют структуру окружающего пространства, но и, в свою очередь, испытывают воздействие со стороны среды. Согласно представлениям физика и философа Эрнста Маха, инерция материального тела, то есть его сопротивление направленным извне ускорениям является не неотъемлемым свойством материи, а мерой ее взаимодействия со всей остальной Вселенной. По Маху, вещество обладает инерцией только потому, что во Вселенной есть другое вещество. Когда тело вращается, его инерция порождает центробежную силу (которая используется, в частности, в центрифуге для отжимки мокрого белья), одна эта сила получает проявление только потому, что тело вращается "относительно неподвижных звезд", как выражается Мах. Если бы неподвижные звезды неожиданно исчезли, вместе с ними исчезла бы и инерция, и центробежная сила внутри вращающегося тела.

Такое понимание инерции, получившее известность под названием принципа Маха, оказало глубокое воздействие на Альберта Эйнштейна и явилось для него первым стимулом для создания теории относительности. Поскольку теория Эйнштейна очень сложна в математическом отношении, физики до сих пор не пришли к какому-либо определенному выводу относительно того, может ли принцип Маха считаться частным случаем теории Эйнштейна. Тем не менее,

большинство физиков уверено в том, что принцип Маха должен быть непременно включен в общую теорию гравитации.

Итак, современная физика снова (на этот раз на макроскопическом уровне) демонстрирует нам, что материальные тела не имеют собственной сущности, но являются неразрывно связанными со своим окружением; и их свойства могут восприниматься только в терминах их воздействий с окружающим миром. Согласно принципу Маха, взаимодействие тел распространяется на всю Вселенную в целом, включая наиболее удаленные звезды и галактики. Неразрывное единство мироздания проявляется не только в мире бесконечно малого, но и в мире сверхбольшого; этот факт получает признание в современной физике и космологии. По словам астронома Фреда Хойла,

> *"Современные исследования довольно убедительно свидетельствуют о том, что условия нашей повседневной жизни не могли бы существовать в отрыве от далеких частей Вселенной, и, если бы эти части каким-то чудесным образом были изъяты из нашего мира, то все наши представления о пространстве и геометрии моментально утратили бы свой смысл. Наши повседневные впечатления до самых мельчайших деталей настолько тесно связаны с крупномасштабной характеристикой Вселенной, что сложно даже проставить себе, что одно может быть отделено от другого" [38, 304].*

Единство и взаимосвязь материального тела и его окружения, проявляющиеся на макроскопическом уровне в общей теории относительности, становятся еще более очевидными на субмикроскопическом уровне. В последнем случае положения классической теории поля объединяются с положениями квантовой теории в целях описания взаимодействий субатомных частиц. Гравитационные взаимодействия еще не могут быть описаны аналогичным образом вследствие того, что теория гравитации Эйнштейна очень сложна в математическом отношении, однако ученым удалось объединить квантовую теорию с общей теорией поля, а именно: электродинамикой, в рамках так называемой "теории квантовой электродинамики", которая описывает все электромагнитные взаимодействия между субатомными частицами. Эта теория включает в себя положения квантовой теории и теории относительности. Она была первой квантово-релятивистской теорией современной физики и до сих пор остается самой последовательной из аналогичных моделей.

Необычным в квантовой электродинамике является прежде всего сочетание понятия электромагнитного поля с представлениями о фотонах как об электромагнитных волнах, воплощенных в частицах. Поскольку фотоны — это электромагнитные волны, то есть колеблющиеся поля, фотоны должны одновременно быть и воплощением электромагнитных полей. Так возникает понятие квантового поля, то есть поля, способного принимать форму квантов, или частиц. Безусловно, это понятие является новым. Оно используется при описании всех субатомных частиц и их взаимодействий и получает дальнейшую разработку, выражающуюся в том, что каждому типу частиц ставится в соответствие определенный тип поля. Эти "теории квантового поля" преодолевают унаследованное от классической физики противопоставление между твердыми материальными частицами и окружающим их пространством. Квантовому полю приписывается самостоятельная физическая природа — природа протяженной среды, пронизывающей или наполняющей все пространство. Частицы представляют собой лишь точки "сгущения" этой среды, возникающие и исчезающие энергетические узлы. Частицы утрачивают свою независимость и растворяются в окружающем пространстве. По словам А. Эйнштейна,

> *"Итак, мы можем считать, что вещество состоит из таких участков пространства, в которых поле достигает особой интенсивности... В новой физике нет места как понятию поля, так и понятию вещества, поскольку единственная существующая реальность включает в себя понятие поля" [8,319].*

Представление о физических объектах и явлениях как о преходящих проявлениях лежащей в их основе фундаментальной сущности, есть не только основной элемент квантовой теории поля, но и основной элемент восточного мировоззрения. Подобно Эйнштейну, восточные мистики рассматривали эту фундаментальную сущность в качестве единственной реальности: ВСЕ ее проявления рассматривались как преходящие и иллюзорные. Мы не можем приравнивать друг к другу представления физиков и мистиков о первосущности мироздания по той причине, что мистическая первосущность трактуется как сущность всех явлений этого мира, то есть помещается, по сути дела, вне области интеллектуальных понятий и мышления. Квантовое поле, с другой стороны, является достаточно точно определенным понятием, которое применимо только для некоторых физических явлений. Однако интуитивное восприятие помогает физику правильно интерпретировать факты субатомного мира в теориях квантового поля, имеет много общего с интуитивным восприятием восточного мистика, который истолковывает факты окружающего мира в терминах высшей реальности, составляющей основу всего сущего.

После возникновения понятия поля физики стали стремиться к тому, чтобы выработать единую концепцию поля, в рамках которой могли бы получить объяснение все частные разновидности полей. Так, Эйнштейн потратил последние годы своей жизни на поиск такой концепции. Такие понятия, как "Брахман" в индуизме, "Дхармакайя" в буддизме и "Дао" в даосизме могут рассматриваться в качестве эквивалента наивысшей степени абстракции понятия поля — поля, в котором берут начало не только физические явления, но и все явления вообще.

Согласно восточным представлениям, реальность, лежащая в основе всех явлений, лишена какой бы то ни было оформленности и не может быть описана или определена. Поэтому ее часто называют бесформенной и пустой. Однако

слово "пустота" не означает в данном случае "незаполненность" или "несуществование". Напротив, пустота является сущностью всех форм и источником всякого существования. Так в Упанишадах говорится:

"Брахман есть жизнь.
Брахман есть наслаждение.
Брахман есть пустота...
Наслаждение, воистину, — то же, что Пустота.
Пустота, воистину, — то же, что наслаждение".

"Чхандогья Упанишада", 4, 10, 4

То же самое имеют в виду и буддисты, называя высшую реальность "ШУНЬЯТОЙ", то есть "Пустотой", и утверждая, что эта наделенная жизнью Пустота порождает все формы феноменального бытия. Даосы приписывают Дао аналогичные свойства быть вечным источником творения и тоже называют Дао пустым. "Дао Небес — пустое и бесформенное", — говорит Гуань-цзы [47]. Лао-цзы же использует для объяснения пустоты Дао несколько метафор. В частности, он сравнивает Дао с долиной между гор или с сосудом, который всегда остается пустым, сохраняя таким образом способность содержать внутри себя всю бесконечную множественность вещей.

Используя термины "пустота", "пустое", восточные мудрецы обращают внимание СВОИХ последователей на то, что под Брахманом, Шуньятой и Дао понимается не обычная пустота, а Пустота с большой буквы — Пустота, являющаяся неисчерпаемым источником творения. Поэтому мы можем сравнить Пустоту в понимании восточных мистиков с квантовым полем современной физики. Точно так же, как и квантовое поле, она порождает бесчисленное множество форм, питая их своей энергией до тех пор, пока они снова не растворятся в исходной безначальной Пустоте. Как говорится в Упанишадах,

"Спокойную, пусть каждый почитает ее
Как то, откуда он пришел,
Как то, с чем ему предстоит слиться,
Как то, чем он дышит".

"Чхандогья Упанишада", 3, 14, I

Как и субатомные частицы, феноменальные воплощения мистической Пустоты имеют не статическую а неподвижную, но динамическую и преходящую сущность. Они постоянно появляются и исчезают в процессе бесконечного танца движения и энергии. Как и субатомный мир для физика, так и для восточного мистика феноменальное существование представляет собой САНСАРУ — мир беспристрастных рождений и смертей. Будучи временными воплощениями Пустоты, предметы этого мира не имеют фундаментальной, устойчивой сущности. В особенности это характерно для буддийской философии, которая отрицает существование какой бы то ни было материальной субстанции и находит иллюзорными представления о постоянном "я", последовательно претерпевающем различные ощущения. Буддисты нередко сравнивают иллюзию существования материальной субстанции и постоянного "я" с волнами на поверхности воды. В последнем случае движение молекул воды "вверх-вниз внушает нам, что по ее поверхности в горизонтальном направлении перемещается некоторое "количество воды" (см. рис. 13). Интересно, что к тому же самому сравнению прибегали и физики, стремившиеся проиллюстрировать иллюзорность понятий материальной субстанции, порожденной движением частиц, в рамках теории поля. Так, Герман Уэлль пишет:

"Согласно (представлениям о строении вещества и теории поля), материальная частица — такая, как, скажем, электрон, представляет не что иное, как небольшой участок энергетического поля, в пределах которого мощность поля достигает фантастических величин, что свидетельствует о сосредоточении большого количества энергии в очень малом объеме пространства. Такой сгусток энергии, вне всякого сомнения, четко проступает на фоне всего остального поля, подобно волнам на поверхности водоема, перемещается в пустом пространстве; поэтому мы не можем утверждать. что электрон все время состоит из какой-то определенной субстанции" [81,171].

В китайской философии идея поля имплицитно присутствует уже в самом понятии Дао, которое, будучи пустым и бесформенным, тем не менее, порождает все формы. Кроме того, идея поля получила эксплицитное выражение в понятии "ЦИ". Этот термин занимал значительное место в концепциях практически всех школ китайской натурфилософии, играя особенно важную роль в философии неоконфуцианства, стремившейся объединить учения конфуцианства, даосизма и буддизма (см. гл. 7). Само слово "ци" буквально обозначает "газ" или "эфир". В древнем Китае оно использовалось для обозначения жизненной энергии, или энергии, одушевляющей космос. Представления о "каналах" ци, пролегающих в теле человека, стали основой традиционной китайской медицины. Цель акупунктуры — стимуляция движения ци по этим каналам. Поток ци — это основное понятие, использовавшееся китайскими мастерами гимнастики тайцзи — даосского Танца Воина — для теоретического обоснования плавных движений этого направления боевого искусства.

Неоконфуцианцы развили понятие "ци" таким образом, что оно сблизилось по смыслу с понятием квантового поля в современной физике. Подобно квантовому полю, ци воспринимается как нематериальная, ускользающая от

человеческого восприятия форма существования материи, присутствующая одновременно во всем пространстве и способная конденсироваться в виде твердых материальных тел. По словам Цзая Цая,

> *"Когда ци конденсируется, оно становится видимым, в результате чего появляются очертания (отдельных вещей). Рассеиваясь, ци перестает быть видимым, и очертания исчезают. Когда ци конденсируется, разве можно утверждать, что оно не есть что-то преходящее? Но в тот момент, когда ци рассеивается, разве можно с поспешностью утверждать, что оно прекратило свое существование?" [29. 279].*

Таким образом, ци конденсируется и рассеивается с ритмической периодичностью, порождая формы, которые, в конечном итоге, снова растворяются в Пустоте. Как говорит Цзан Цай,

> *"Великая Пустота не может не состоять из ци; ци не может не конденсироваться, чтобы породить все вещи;эти вещи не могут не рассеиваться, чтобы (снова) породить Великую Пустоту" [29,280].*

Как и теории квантового поля, это поле, или ци, не только лежит в основе всех материальных объектов, но и осуществляет их взаимосвязи, принимая форму волн. При сравнении описания понятия поля в современной физике, данное Вальтером Тиррингом, и китайского подхода к объяснению физического мира, описанного Джозефом Нидэмом, становится вполне очевидным близкое родство этих двух концепций,

> *"Современная физика... поместила наши размышления о природе Материи в совершенно новый контекст. Она заставила нас перевести взгляд с видимого, то есть частиц, на невидимое, то есть поле. Присутствие Материи есть всего лишь возбужденное состояние поля в данной точке, нечто случайное, непостоянное, своеобразный "изъян" в пространстве, если так можно выразиться. Соответственно, простых знаков, которые описывали бы силы, действующие между элементарными частицами, не существует... Упорядоченность и гармонию должно искать на уровне поля, лежащего в основе всего сущего" [77, 160].*

> *"В древние времена и средневековье китайцы воспринимали физический мир как протяженное целое. Согласно их представлениям, ци, конденсирующееся в виде осязаемого вещества, не имеет какой бы то ни было самостоятельной сущности и отдельности, напротив, — все отдельные предметы взаимодействуют друг с другом... при помощи волн, или колебаний, характер которых, в конечном счете, зависит от ритмического чередования двух основополагающих начал на всех уровнях мироздания. Следовательно, отдельные предметы обладают своими собственными ритмическими характеристиками, которые вплетаются... в общий узор мировой гармонии" [60, 8].*

Придя к понятию квантового поля, физика нашла неожиданный ответ на старый вопрос о том, из чего же состоит вещество — из неделимых атомов или фундаментального континуума, лежащего в основе всего. Поле есть континуум, пронизывающий все пространство, который, тем не менее, имеет протяженную, как бы "гранулярную", структуру в одном из своих проявлений, то есть в форме частиц. Таким образом, два самостоятельных понятия объединяются в одно, приобретая характер двух различных аспектов одной и той же реальности. Как всегда в теории относительности, объединение двух противоположных понятий носит динамический характер: два аспекта вещества непрестанно преобразуются друг в друга. Восточные мистики подчеркивают тот факт, что между Пустотой и порождаемыми ею формами существует аналогичное динамическое единство. По словам Ламы Говинды,

> *"Соотношение формы и пустоты нельзя рассматривать как противопоставление взаимоисключающих противоположностей; напротив, форма и пустота представляют собой два аспекта одной и той же реальности, сосуществующие друг с другом и пребывающие в постоянном взаимодействии" [31,223].*

Слияние этих противоположностей в рамках единого целого одна из буддийских сутр описывает в следующих словах, ставших довольно известными:

> *"Форма есть пустота, а пустота, в свою очередь, есть форма. Пустота не отличима от формы; форма не отличима от пустоты. Что есть форма — есть пустота; что есть пустота — есть форма" [58].*

Теории поля современной физики не только выработали новый взгляд на субатомные частицы, но и существенно изменили наши представления о силах, действующих между ними. Первоначальное понятие поля связывалось с понятием силы, и даже в теории квантового поля оно сохраняет связь с силами взаимодействующих частиц. Так, электромагнитное поле может представляться в виде "свободного поля", то есть перемещающихся волн, или фотонов, а также может играть роль силового поля, возникающего в пространстве между заряженными частицами. В последнем случае наличие поля проявляется в обмене фотонами между заряженными частицами. Взаимное отталкивание двух электронов опирается на механизм фотонных обменов между электронами.

На первый взгляд, такая трактовка понятия силы может показаться чересчур мудреной и сложной, однако стоит взглянуть на пространственно-временной график, как все сразу же становится гораздо более понятным. На графике [рис. 29] изображены два электрона, сближающиеся друг с другом, один из которых испускает фотон (γ) в точке A, а

второй поглощает этот фотон в точке B. Испустив фотон, первый электрон изменяет скорость и направление своего движения, что проявляется в изменении наклона его мировой линии. Второй электрон делает то же самое, поглощая фотон. В результате электроны разлетаются в разные стороны. Их взаимное отталкивание выражается в обмене фотонами. Полное взаимодействие электронов включает в себя обмен несколькими фотонами, вследствие чего отталкивание происходит не резко, как на нашем графике, а постепенно и плавно, так как электроны будут двигаться по изогнутым дугам.

Классическая физика объяснила бы эту ситуацию действием отталкивающей силы. Сейчас такой подход представляется крайне неадекватным. При сближении электронов ни один из них не ощущает воздействия какой бы то ни было силы. Все, что происходит между ними, — это обмен фотонами. Следовательно, понятие силы не может быть применено по отношению к явлениям субатомного мира. Это понятие из арсенала классической физики, ассоциирующейся (пусть даже только подсознательно) с ньютоновскими представлениями о силах, действующих на расстоянии. В субатомной физике таких сил уже нет: их заменяют взаимодействия между частицами, происходящие через посредство полей, то есть каких-то других частиц. Поэтому физики избегают употреблять слово "сила", заменяя его словом "взаимодействие".

Согласно теории квантового поля, все взаимодействия сводятся к обмену частицами. В случае электромагнитного взаимодействия в обмене участвуют фотоны; при более сильных взаимодействиях между нуклонами — в обмене участвуют частицы новой разновидности: "мезоны". Мезоны бывают разного типа. Чем ближе друг к другу расположены нуклоны, тем больше количество и вес мезонов, которыми они обмениваются. Взаимодействия нуклонов и свойства мезонов отчетливо связаны друг с другом. Поэтому фундаментальное понимание природы невозможно без понимания природы всего спектра субатомных частиц.

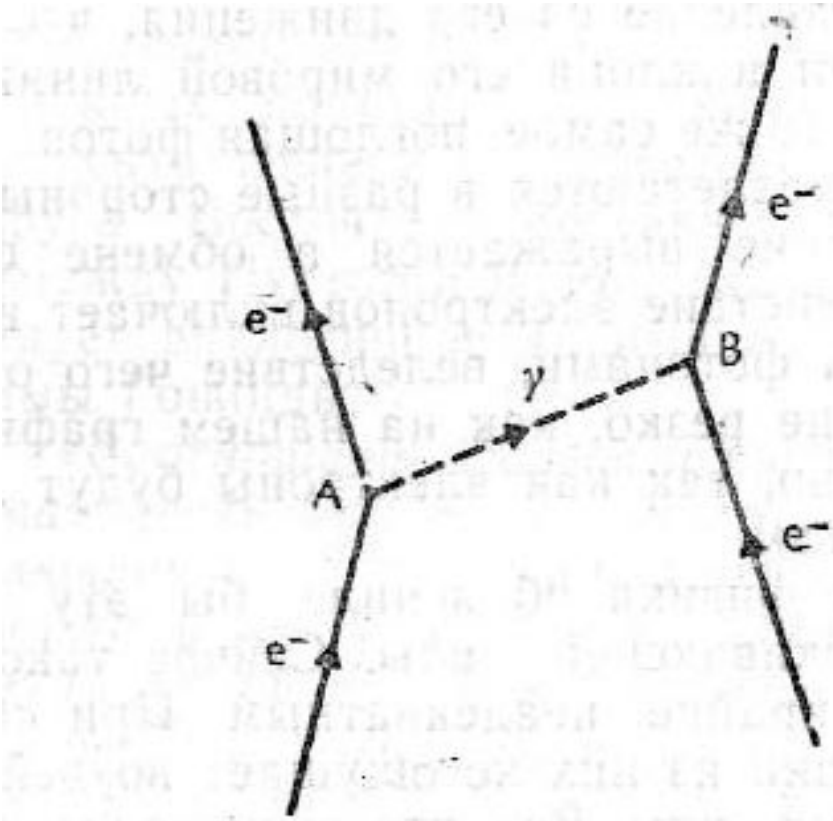


Рис. 29. Взаимное отталкивание двух электронов посредством обмена фотоном

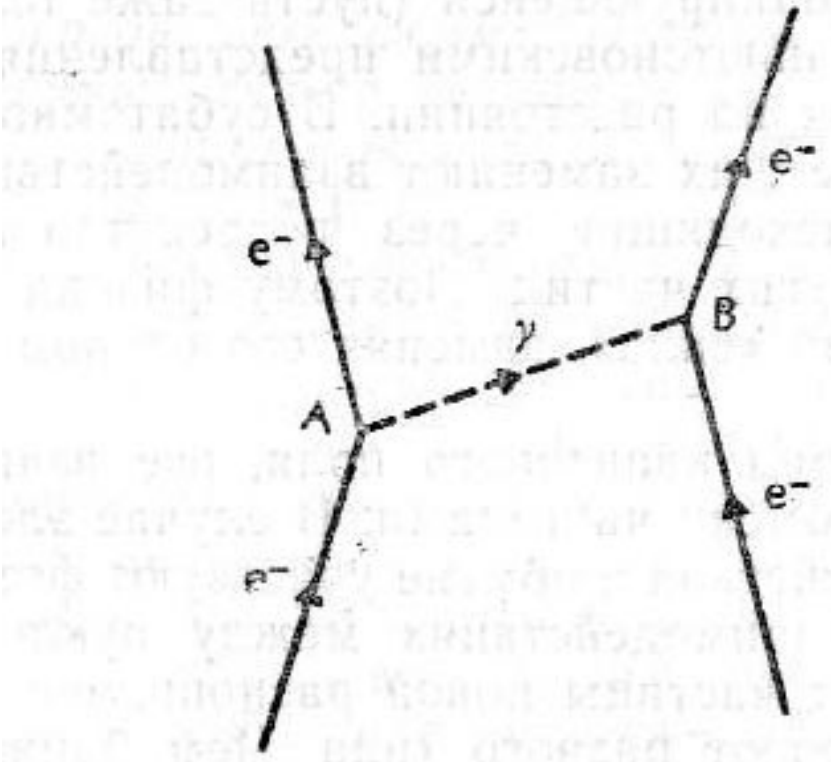


Рис. 30.

В теории квантового поля все взаимодействия частиц можно представить в виде пространственно-временных графиков, сопроводив каждый из последних математических формулой, помогающей вычислить вероятность соответствующего процесса. Точное, соответствие между графиками и математическими формулами было установлено в 1949 году Ричардом Фейнманом, после чего эти графики получили название графиков Фейнмана. Важнейшая составная часть теории квантового поля — это объяснение процессов возникновения и уничтожения частиц. Например, фотон (рис. 30) создается в процессе эмиссии в точке А, а уничтожается при его поглощении в точке В. В релятивистской теории при рассматривании такого процесса необходимо учитывать, что частицы представляют собой не неделимые тела, а динамические паттерны, сущность которых определяется наличием того или иного количества энергии, которая может перераспределяться при образовании новых паттернов.

Возникновение частицы, обладающей массой, возможно только при условии наличия такого количества энергии, которое эквивалентно массе этой частицы, как, например, в процессе столкновения. В случае сильных взаимодействий, которые могут происходить внутри атомного ядра, обмен тяжелыми мезонами представляется маловероятным, и все же процессы обмена имеют место. Так, два протона могут обменяться "пи-мезоном", или "пионом", масса которого составляет около одной седьмой массы протона (см. рис. 31 и 32).

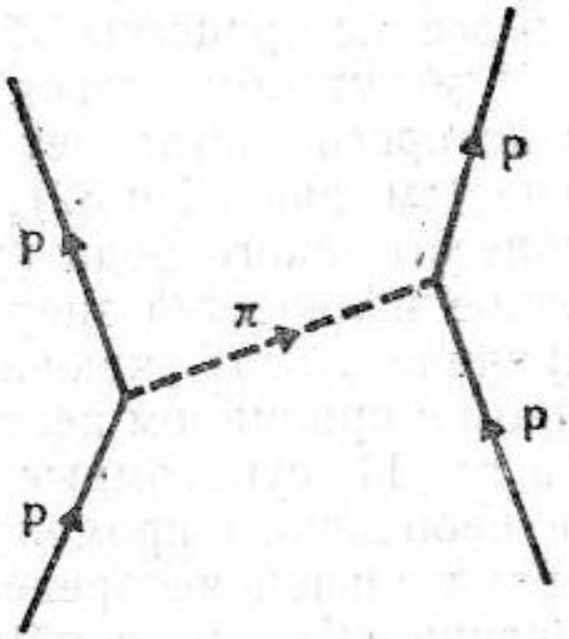


Рис. 31. Два протона обмениваются пионом

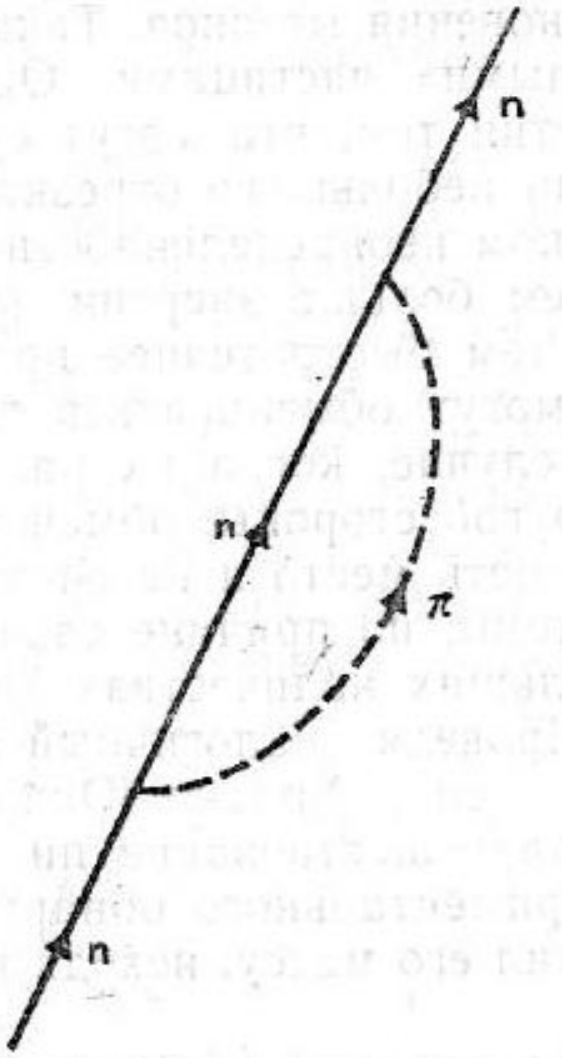


Рис. 32. Нейтрон, излучающий и поглощающий пион

Обменные процессы такого рода происходят, несмотря на недостаточное количество энергии для возникновения мезона. Причина этого заключается в "квантовом эффекте", связанном с принципом неопределенности. Как уже говорилось в гл. 11, субатомные явления, происходящие в течение небольшого промежутка времени, характеризуются значительной неопределенностью в энергетическом отношении. Мезонные обмены, то есть возникновение и последующее уничтожение мезонов тоже относится к таким процессам. Их течение столь кратковременно, что неопределенность энергии достаточно велика для возникновения мезонов. Такие мезоны называются "виртуальными" частицами. Они отличаются от "настоящих" частиц тем, что могут существовать только на протяжении небольшого отрезка времени, обусловленного принципом неопределенности. Чем тяжелее мезоны (то есть чем больше энергии необходимо для их возникновения), тем быстротечнее процесс обмена. Поэтому нуклоны могут обмениваться тяжелыми мезонами лишь в том случае, когда их разделяет небольшое расстояние. С другой стороны, обмен виртуальными частицами может иметь место и на очень большом удалении, так как фотоны, по причине своей невесомости (нулевой массы покоя), не нуждаются в больших количествах энергии для своего возникновения. Проведя аналогичный анализ ядерных и электромагнитных сил, Хидэки Юкава в 1935 году не только предсказал существование пиона за двенадцать лет до его экспериментального обнаружения, но и приблизительно оценил его массу, исходя из величины ядерной силы.

Теория квантового поля изображает все взаимодействия как процессы обмена виртуальными частицами. Чем сильнее взаимодействие, то есть чем мощнее "сила" взаимодействия между частицами, тем выше вероятность соответствующего процесса и тем чаще происходит обмен виртуальными частицами. Однако роль виртуальных частиц не ограничивается участием в подобных взаимодействиях. Виртуальную частицу может испускать любой отдельно взятый нуклон, который потом ее поглотит. Это вполне обычный процесс, и единственная оговорка заключается в том, что время существования образовавшегося мезона ограничено принципом неопределенности. На рис. 32 помещен график Фейнмана, на котором изображен процесс испускания и уничтожения пиона.

Вероятность таких процессов, получивших название процессов "взаимодействия", для нуклонов очень велика, так как они часто вступают во взаимодействия. Это означает, что в действительности нуклоны постоянно испускают и поглощают виртуальные частицы. Теория поля рассматривает нуклоны в качестве центров постоянной активности, окруженных "облаками" виртуальных частиц. Виртуальные мезоны вскоре после своего испускания исчезают, что означает, что они не могут удалиться на большое расстояние от нуклона. Поэтому мезонное облако имеет очень небольшие размеры. Внешние области облака заполнены легкими мезонами (главным образом, пионами), а более тяжелые мезоны поглощаются нуклоном быстрее, и могут поэтому находиться вблизи от центра атома.

Каждый нуклон окружен такими облаками мезонов, которые существуют очень недолго. Тем не менее, при некоторых обстоятельствах виртуальные мезоны могут превратиться в нуклоны. Если нуклон сталкивается с какой-либо другой частицей, движущейся с большой скоростью, кинетическая энергия этой частицы может перейти к виртуальному мезону и оторвать его от облака.

Таков механизм образования настоящих мезонов при столкновении частиц с участием высоких энергий. С другой стороны, два нуклона могут сблизиться друг с другом, так что их мезонные облака частично належатся друг на друга, и тогда некоторые виртуальные частицы могут не возвращаться к тому нуклону, который их испустил, а "перепрыгнуть" в соседнее облако и быть поглощенными другим нуклоном. Это механизм процессов обмена частицами во время сильных взаимодействий.

Становится ясно, что взаимодействия частей, а следовательно, и силы, действующие между ними, зависят от состава виртуальных облаков этих частиц. Радиус взаимодействия, то есть расстояние между частицами, при котором происходят взаимодействия, определяется свойствами частиц, составляющих облака. По этой причине электромагнитные силы зависят от наличия виртуальных фотонов "внутри" заряженных частиц, в то время как сильные взаимодействия между нуклонами происходят в результате присутствия фотонов "внутри" нуклонов виртуальных пионов и других мезонов. Теория поля воспринимает силы, действующие между частицами, как свойства (которые так четко разграничивались в греческом и ньютоновском атомизме), имеющие одну и ту же физическую природу — природу динамических паттернов, которые мы называем частицами.

Такой подход к пониманию силы характерен для восточного мистицизма, в учениях которого движение и изменение рассматриваются в качестве основных неотъемлемо присущих свойств всех вещей. "Все вращающиеся предметы, — говорит Цзан Цай о небесах, — обладают спонтанной силой. Поэтому их движение не является навязанным извне" [60,62]. В "И цзин" мы читаем:

> *"(Природные) законы не являются внешними силами по отношению к вещам; они воплощают гармонию движения, свойственную самим вещам" [86, 68].*

Это древнее китайское определение силы как воплощение "гармонии движения, свойственной самим вещам" представляется особенно уместным в свете положений теории квантового поля, которые характеризуют силы взаимодействия между собой как проявления динамических паттернов (виртуальных облаков), присущих частицам

Теория поля современной физики побуждает нас отказаться от традиционного противопоставления между материальными частицами и пустотой. И гравитационная теория поля Эйнштейна, и теория квантового поля утверждают, что частицы неразрывно связаны с окружающим пространством и не могут рассматриваться в отрыве от него. С одной стороны, частицы оказывают воздействие на структуру пространства, с другой — они являются не самостоятельными частицами материальной субстанции, а, скорее, сгустками в беспредельном поле, пронизывающем все пространство. Теория квантового поля видит в этом поле основу для существования и взаимодействия всех частиц.

"Поле существует всегда и везде; оно не может исчезнуть. Поле есть проводник для всех материальных явлений. Это "пустота", из которой протон создает π-мезоны. Возникновение и исчезновение частиц — лишь формы движения поля" [77, 159].

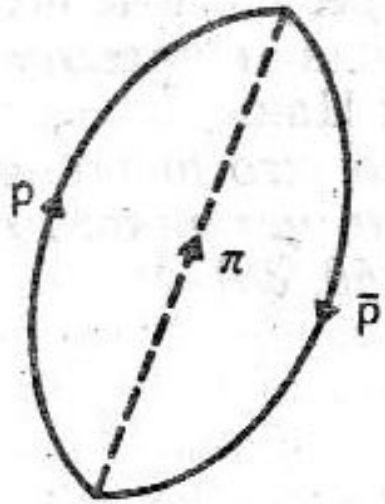


Рис. 33. Вакуумная диаграмма

Мы можем окончательно убедиться в неразрывном единстве понятий вещества и пустого пространства, узнав о том, что виртуальные частицы могут спонтанно возникать "из пустоты" и снова растворяться "в пустоте" даже в том случае, если поблизости нет нуклонов или каких-либо других частиц, которые могут участвовать в сильных взаимодействиях. На рис. 33 представлен так называемый "вакуумный график", на котором изображен один из подобных процессов: три части — протон (P), антипротон (P^{-}) и пион (π) — образуются из вакуума, а потом снова превращаются в вакуум. Теория поля утверждает, что события такого рода происходят постоянно. Поэтому вакуум не может считаться пустым, напротив, он содержит бесчисленное множество беспорядочно возникающих и исчезающих частиц.

Здесь материал современной физики заставляет нас вспомнить о понятии Пустоты в восточном мистицизме. Подобно восточной Пустоте, "физический вакуум", как он именуется в теории поля, не является просто состоянием абсолютной незаполненности и отсутствия всякого существования, но содержит в себе возможность существования всех возможных форм мира частиц. Эти формы, в свою очередь, представляют собой не самостоятельные физические единицы, а всего лишь переходящие воплощения Пустоты, лежащей в основе всего бытия. Как говорится в известной нам сутре, "форма есть пустота, а пустота, в свою очередь, есть форма".

Соотношение между виртуальными частицами и вакуумом имеет в высшей степени динамическую природу; вакуум — это "живая пустота" в полном смысле этого слова, в пульсации которой берут начало бесконечные ритмы рождений и разрушений. Большинство физиков считают открытие динамической сущности вакуума одним из важнейших достижений современной физики. Из пустого вместилища всех физических явлений пустота превратилась в динамическую величину первой важности. Таким образом, результаты исследований современной физики подтверждают правоту высказываний великого мыслителя Цзая Цая:

"Для того, кто знает, что Великая Пустота наполнена ци, нет такого понятия, как несуществование" [60, 33].

Глава 15.
КОСМИЧЕСКИЙ ТАНЕЦ

В ходе изучения субатомного мира в двадцатом веке физики обнаружили, что вещество имеет динамическую природу, а составные части атома, субатомные частицы представляют собой динамические структуры, существующие не в виде самостоятельных единиц, а в виде неотъемлемых компонентов неразрывной сети взаимодействий. Эти взаимодействия питает бесконечный поток энергии, воплощающийся в обменах частицами, динамическом чередовании стадий созидания и разрушения, а также в беспрестанных изменениях энергетических паттернов. В результате взаимодействий образуются все более устойчивые единицы, из которых и состоят материальные тела. Эти единицы, в свою очередь, тоже не остаются неподвижными, но ритмически колеблются. Таким образом, вся Вселенная оказывается вовлеченной в бесконечный процесс движения и деятельности — в постоянный космический танец энергии.

В этом танце принимает участие бесчисленное множество паттернов, которые, как это ни странно, мы можем разделить на несколько основных разновидностей. Изучение субатомных частиц и их взаимодействий открывает нашему взору не мир хаоса, а в высшей степени упорядоченный мир. Все атомы, а значит, и все материальные тела вокруг нас представляют собой сочетания всего лишь трех материальных частиц, обладающих массой: протона, нейтрона и электрона. Четвертая частица, фотон, не имеет массы и является единицей электромагнитного излучения. Протон, электрон и фотон представляют собой устойчивые частицы, что означает, что их существование не прерывается до тех пор, пока они не принимают участия в столкновениях с другими частицами, угрожающими им аннигиляцией. Распад нейтрона, напротив, может с легкостью произойти в любой момент. Этот процесс, получивший название "бета-распада", представляет собой обычный механизм одной из разновидностей радиоактивных явлений. Он состоит из преобразования нейтрона в протон и возникновения электрона и нейтрино. Нейтрино — еще одна частица, не имеющая массы, но характеризующаяся устойчивостью, подобно протону, электрону и фотону. Обычно нейтрино обозначают греческой буквой ν ("ню"), в результате чего символическая запись процесса бетараспада приобретает следующий вид:

$n \rightarrow p + e^{-} + \nu$ (ню)

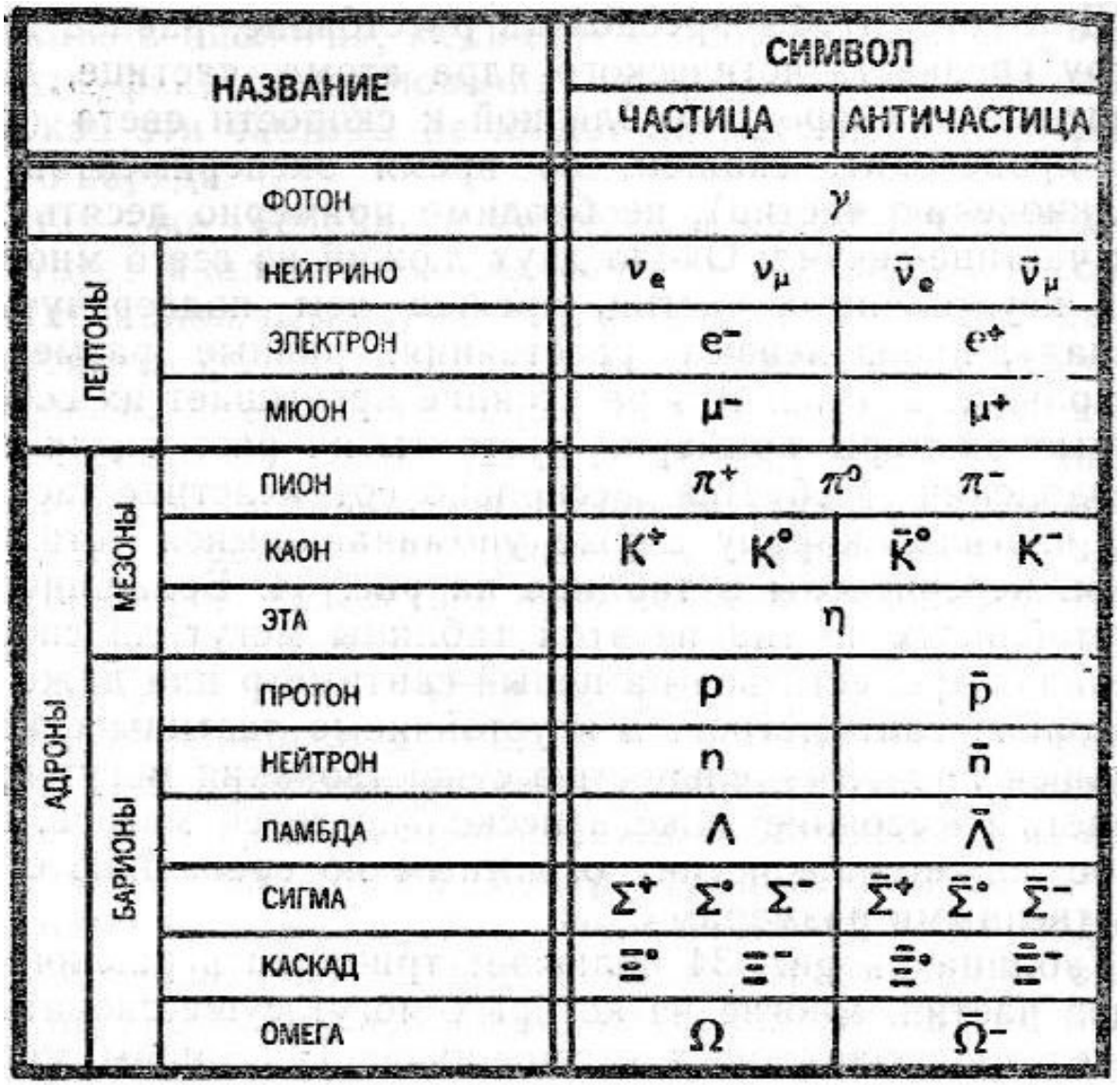
Преобразование нейтронов в протоны влечет за собой преобразование атомов радиоактивного вещества в атомы другого элемента. Возникающие в ходе этого химического процесса электроны испускаются атомами в виде мощного излучения, которое находит широкое применение в биологии, медицине и промышленности. Установить факт возникновения нейтрино гораздо сложнее, так как эти частицы не имеют ни массы, ни электрического заряда.

Как уже говорилось выше, для каждой частицы существует аналогичная античастица с такой же массой и противоположным зарядом. Античастицей для фотона является сам фотон, античастица электрона называется позитроном; помимо них, нам известны антипротон и антинейтрино. На самом деле, та не имеющая веса частица, которая возникает в процессе бета-распада, представляет собой не нейтрино, а его античастицу, антинейтрино ($\bar{\nu}$), вследствие чего наша запись приобретает вид:

$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}$

Упоминавшиеся до сих пор частицы — лишь малая часть всех субатомных частиц, известных современной науке. Все остальные персонажи субатомного мира неустойчивы; они очень быстро распадаются на другие частицы, которые, в свою очередь, могут тоже подвергаться распаду до тех пор, пока не образуются устойчивые частицы. Исследование неустойчивых частиц очень дорогостоящее, так как для каждого эксперимента эти частицы приходится создавать заново, что невозможно без огромных ускорителей частиц, пузырьковых камер и других устройств для детекции частиц.

Самые неустойчивые частицы существуют на протяжении очень небольшого промежутка времени по сравнению с нашими временными масштабами — меньше миллионной доли секунды. Однако следует учитывать, что продолжительность их жизни должна рассматриваться в сочетании с их размерами, которые тоже очень невелики. При таком подходе сразу становится очевидно, что на самом деле продолжительность существования этих частиц — довольно большая величина, и что одна миллионная доля секунды фактически — огромная продолжительность жизни в мире частиц. Человек за одну секунду может преодолеть расстояние, которое в несколько раз превышает его собственные размеры. Для частицы аналогичной единицей времени будет тот промежуток времени, в течение которого частица преодолевает расстояние, которое тоже превышает ее размеры в несколько раз; эту единицу времени логично назвать "частице-секунда". Физики оценивают продолжительность этой единицы времени в 10^{-23} доли обычной секунды.



НАЗВАНИЕ			СИМВОЛ	
			ЧАСТИЦА	АНТИЧАСТИЦА
		ФОТОН	γ	
	ЛЕПТОНЫ	НЕЙТРИНО	ν_e ν_μ	$\bar{\nu}_e$ $\bar{\nu}_\mu$
		ЭЛЕКТРОН	e^-	e^+
		МЮОН	μ^-	μ^+
АДРОНЫ	МЕЗОНЫ	ПИОН	π^+ π^0	π^-
		КАОН	K^+ K^0	$\bar{K}^0$ K^-
		ЭТА	η	
	БАРИОНЫ	ПРОТОН	p	$\bar{p}$
		НЕЙТРОН	n	$\bar{n}$
		ЛАМБДА	Λ	$\bar{\Lambda}$
		СИГМА	Σ^+ Σ^0 Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$ $\bar{\Sigma}^0$ $\bar{\Sigma}^-$
		КАСКАД	Ξ^0 Ξ^-	$\bar{\Xi}^0$ $\bar{\Xi}^-$
		ОМЕГА	Ω	$\bar{\Omega}^-$

Рис. 34.

Для того, чтобы преодолеть расстояние, равное диаметру среднестатистического ядра атома, частице, движущейся со скоростью, близкой к скорости света (как это происходит, скажем, вовремя экспериментов по столкновению частиц), необходимо примерно десять таких частице-секунд. Около двух дюжин из всего множества неустойчивых частиц, прежде чем подвергнуться распаду, преодолевают расстояния, равные размерам нескольких атомов. Это расстояние превышает их собственные размеры примерно в сто тысяч раз, и для его преодоления требуется несколько сот "частице-часов". Эти частицы, наряду с уже упоминавшимися устойчивыми, перечислены в таблице на рис. 34. Большинство неустойчивых частиц из этой таблицы могут до своего распада переместиться на целый сантиметр или даже на несколько сантиметров, а неустойчивые частицы с наибольшей продолжительностью существования могут преодолеть расстояние даже в несколько сотен метров, которое кажется воистину огромным по сравнению с их собственными размерами.

Таблица на рис. 34 включает тринадцать различных видов частиц, многие из которых могут существовать в нескольких "зарядовых состояниях". Так пионы могут иметь положительный заряд (π^+), отрицательный заряд (π^-) или быть электрически нейтральными (π^0). Существует две разновидности нейтрино, различающиеся тем, что каждая из них может взаимодействовать только с определенным типом частиц: первая — с электронами (ν_e), вторая — с мюонами (ν_μ). Античастицы тоже включены в таблицу, причем три частицы могут быть своими собственными античастицами (γ, π_μ, η). Все частицы расположены в порядке возрастания массы атомов: фотоны и нейтрино не имеют массы, электрон представляет собой легчайшую частицу из обладающих массой, мюоны, пионы и каоны в несколько сот раз тяжелее электрона; Остальные частицы тяжелее электрона в 1000-3000 раз.

Все остальные известные к настоящему времени частицы относятся к числу так называемых "резонансов". Им посвящена следующая глава. Резонансы еще менее долговечны, их распад происходит за несколько частицесекунд, вследствие чего они не могут преодолевать расстояния, превышающие их размеры больше, чем в несколько раз. Это означает, что пузырьковая камера оказывается беспомощной и не может обнаружить присутствие этих частиц. Поэтому

свидетельства их существования могут быть только косвенными. Следы из пузырьков в пузырьковых камерах оставляют только те частицы, которые перечислены в нашей таблице.

В процессе столкновения все эти частицы могут возникать и аннигилировать, а также участвовать в виртуальных обменах, осуществляя таким образом взаимодействия между другими частицами. Казалось бы, при таком раскладе итоговое количество возможных типов взаимодействий между частицами может быть очень большим, однако по какой-то причине, которая остается неизвестной, все взаимодействия делятся на четыре разновидности, характеризующиеся различной степенью взаимодействия. Перечислим эти разновидности:

— Сильные взаимодействия.
— Электромагнитные взаимодействия.
— Слабые взаимодействия.
— Гравитационные взаимодействия.

Наиболее известными из них являются электромагнитные и гравитационные взаимодействия, наблюдающиеся в макроскопическом мире. Гравитационные взаимодействия наличествуют между всеми существующими частицами, однако при этом они настолько слабы, что не подвергаются экспериментальной детекции. В макроскопическом мире гравитационные взаимодействия большого количества частиц, составляющих массу тела, складываются и порождают макроскопическую силу гравитации, которая является основной силой во Вселенной. Электромагнитные взаимодействия происходят между всеми заряженными частицами. Именно они ответственны за все химические реакции, а также за образование и всех атомных и молекулярных структур. Сильные взаимодействия удерживают вместе протоны и нейтроны внутри ядра. Они порождают ядерную силу — самую мощную из всех известных современной науке сил. Так, например, электроны удерживаются поблизости от атомного ядра при помощи электромагнитной силы, обладающей энергией примерно в десять электрон-вольт, в то время как ядерная сила, связывающая нейтроны внутри ядра, использует энергию, равную десяткам миллионов электрон-вольт — особых единиц для измерения энергии на субатомном уровне.

Нуклоны — не единственные частицы, которые принимают участие в сильных взаимодействиях. Как ни странно, к сильновзаимодействующим частицам относится подавляющее большинство всех известных частиц. Из всех частиц только пять не могут принять участия в сильных взаимодействиях, как, впрочем, и их античастицы. Это фотон и четыре лептона, перечисленные в верхней части таблицы. Недавно был обнаружен пятый лептон, получивший обозначение "тау" (греческая буква τ). Также, как электрон и мюон, он может существовать в двух зарядовых состояниях, соответственно τ^- и τ^+, а поскольку его масса превосходит массу электрона почти в 3500 раз, он получил название тяжелого лептона. Существование нейтрино, который принимал бы участие только во взаимодействиях с тау, было только постулировано и остается до сих пор недоказанным экспериментально.

Таким образом, мы можем разделить все частицы не две большие группы — лептоны и адроны, или сильновзаимодействующие частицы. Адроны, в свою очередь, делятся на мезоны и барионы, между которыми существует довольно много различий. Важнейшее из них заключается в том, что все барионы имеют античастицы, в то время как мезоны могут сами выступать в роли своих античастиц.

Лептоны принимают участие во взаимодействиях четвертого типа — в слабых взаимодействиях. Последние настолько слабы и действуют на таком коротком расстоянии, что не могут удерживать частицы друг подле друга, в то время как три остальные разновидности взаимодействий порождают силы притяжения: сильные взаимодействия — внутри атомных ядер, электромагнитные взаимодействия — внутри атомов и молекул, а гравитационные взаимодействия — между планетами, звездами и даже целыми галактиками. Слабые взаимодействия проявляются в единственной форме — в форме некоторых столкновений частиц, а также их распада. К числу последних относится и бета-распад, упоминавшийся выше.

Все взаимодействия между адронами проявляются в обмене другими адронами. Сильные взаимодействия действуют только на очень небольших расстояниях из-за того, что в соответствующих им обменных процессах участвуют тяжелые адроны. Сильные взаимодействия могут происходить только при том условии, что расстояние между частицами не превышает нескольких диаметров частицы. Поэтому они не могут создать силу, воздействие которой сказалось бы на нашем макроскопическом окружении. В противоположность сильным, электромагнитные взаимодействия, воплощающиеся в обменах не имеющими массы фотонами, могут происходить между сколь угодно далекими частицами, вследствие чего электрические и магнитные силы хорошо известны в мире больших измерений. Считается, что гравитационные взаимодействия тоже осуществляются при помощи обмена особыми частицами — "гравитонами", однако слабость этих взаимодействий настолько велика, что гравитоны до сих пор не были обнаружены учеными, хотя никаких серьезных поводов сомневаться в их существовании нег.

Наконец, поскольку слабые взаимодействия становятся возможными только при том условии, что расстояние между частицами предельно невелико — гораздо меньше, чем при сильных взаимодействиях, физики считают, что эти взаимодействия осуществляются при помощи обмена очень тяжелыми частицами. По всей видимости, эти частицы выполняют роль, аналогичную роли фотона при электромагнитных взаимодействиях, и единственное их отличие от последнего заключается в том, что они гораздо тяжелее. По сути дела, именно аналогия с фотоном легла в основу

последних модификаций теории квантового поля, получивших название "теории приборов" и позволивших построить единую теорию поля для электромагнитных и слабых взаимодействий.

Во многих процессах столкновений, находящих применение в физике высоких энергий, часто имеют место и сильные электромагнитные, и слабые взаимодействия, в результате чего возникают длинные цепочки последовательных превращений частиц. Частицы, первоначально принимавшие участие в столкновении, аннигилируют, образуя несколько новых частиц, которые тоже проходят несколько стадий распада, прежде чем превратиться в устойчивые частицы.

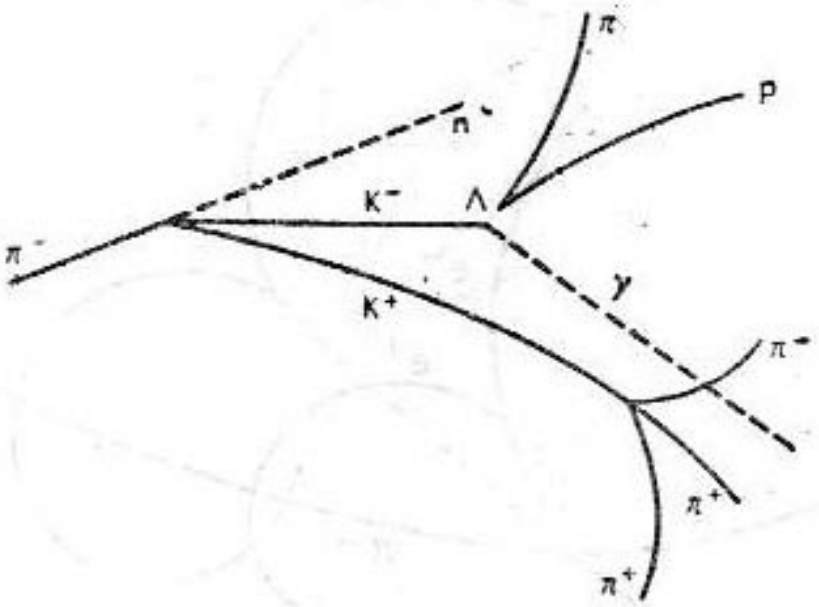


Рис. 35.

На рис. 35 представлена сложная последовательность столкновений и распадов частиц: отрицательно заряженный пион (π^-) проникает в пузырьковую камеру слева, сталкивается с протоном, то есть с ядром атома водорода, который уже находился внутри камеры; обе частицы аннигилируют, в результате чего образуется нейтрон (n) или два каона (K^- и K^+); нейтрон улетает, не оставляя следа; каон сталкивается с другим, находящимся в камере протоном, обе частицы аннигилируют, образуя ламбду (λ) и фотон (γ). Ни одна из вновь образовавшихся частиц не оставляет видимых следов в камере, однако ламбда через некоторое время распадается на протон (p) и (π^-), каждый из которых оставляет видимый след. На рисунке хорошо видно небольшое расстояние между возникновением ламбды и ее распадом. Наконец, K^+, возникший еще при самом первом столкновении, некоторое время продолжает двигаться, а потом распадается на три пиона.

Здесь изображена одна из таких цепочек возникновений и исчезновений частиц. Обратите внимание на тот факт, что следы в пузырьковой камере могут оставлять только заряженные частицы; под воздействием магнитного поля они отклоняются в различных направлениях, в зависимости от знака заряда: положительные — по часовой стрелке, а отрицательные — против часовой стрелки. Этот график представляет собой прекрасное доказательство того факта, что на уровне частиц материя характеризуется колоссальной слитностью и взаимопроницаемостью, а также достоверное и наглядное изображение энергетических каскадов, сопровождающих образование и уничтожение различных структур, или, говоря другими словами, различных частиц.

Особенно поразительными представляются такие случаи, когда лишенный массы, но наделенный большим количеством энергии фотон, который никак не обнаруживает своего присутствия в пузырьковой камере, внезапно взрывается, образуя пару заряженных частиц (позитрон и электрон), которые тут же начинают двигаться по расходящимся дугам. На рисунке 36 запечатлен процесс, в котором образование пары противоположно заряженных частиц из электрически нейтрального фотона происходит целых два раза.

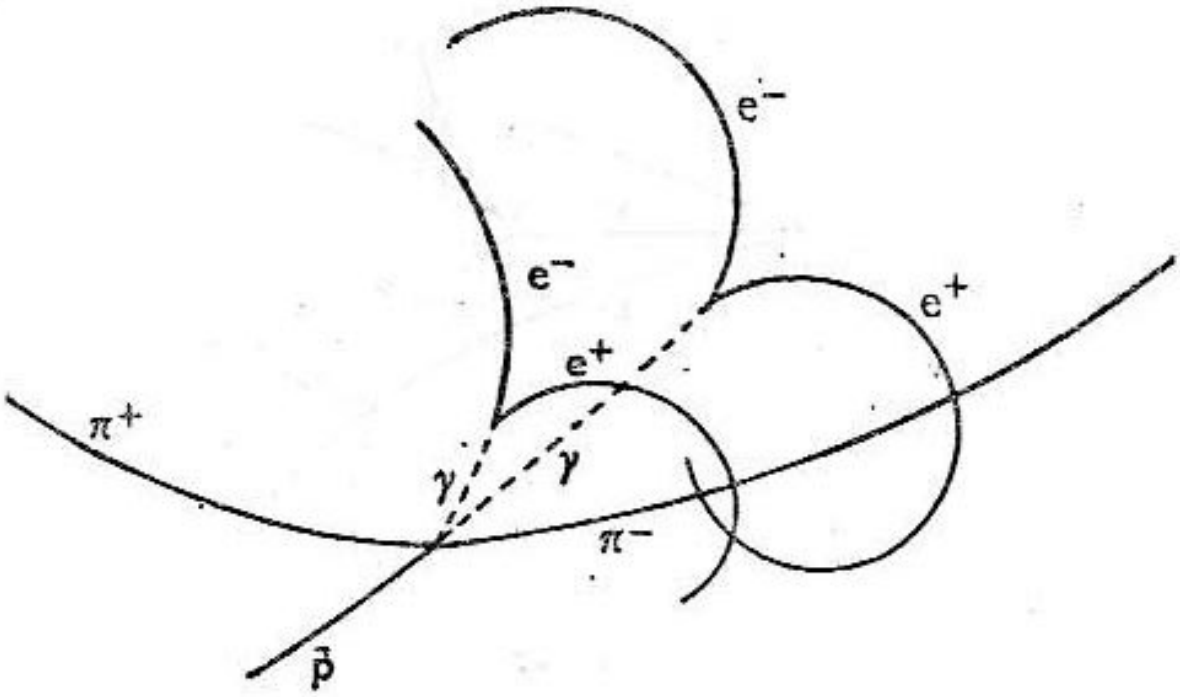


Рис. 36.

На рис. 36 представлена последовательность событий, приводящих к образованию двух электронно-позитронных пар: антипротон (p^-) снизу проникает в пузырьковую камеру, сталкивается с одним из протонов и образует $\pi+$ (след, уходящий влево) и π^- (след, уходящий вправо), а также два фотона γ, каждый из которых, в свою очередь, распадается на электронно-позитронную пару: позитроны (e+), улетающие направо, и электроны (e^-) — влево.

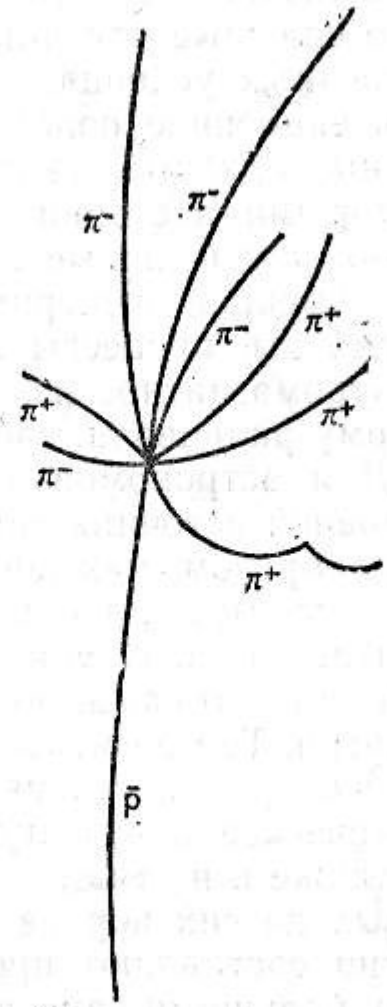


Рис. 37. Возникновение восьми пионов в результате столкновения антипротона и протона

Чем значительнее объем энергии, изначально принимающей участие в процессе столкновения, тем больше частиц может образоваться. На рис. 37 изображено столкновение между антипротоном и протоном, в результате которого возникает восемь пионов.

Для того, чтобы разогнать частицы до достаточно большой скорости, то есть, иными словами, для того, чтобы сообщить им достаточно большое количество энергии, используются мощные ускорители частиц. В большинстве случаев природные явления, происходящие на Земле, имеют более низкие энергетические характеристики, вследствие чего тяжелые частицы редко образуются на Земле в естественных условиях. В открытом космосе нас ждет совершенно иное положение дел: в центре звезд сосредоточены крупные скопления субатомных частиц, между которыми постоянно происходят естественные столкновения, аналогичные столкновениям внутри ускорителей современной экспериментальной физики. В некоторых звездах эти процессы порождают чрезвычайно мощное электромагнитное излучение, которое может принимать форму радиоволн, световых волн и рентгеновских лучей. Для астрономов это излучение представляет собой основной источник знаний и информации о Вселенной. Таким образом, межзвездное, как впрочем, и межгалактическое, пространство оказывается насыщенным электромагнитными излучениями различных частот, то есть фотонными потоками, обладающими различными запасами энергии. Тем не менее, фотоны — не единственные частицы, которые постоянно бороздят просторы космоса. "Космическое излучение" состоит не только из фотонов, но также и из тяжелых частиц, механизм образования которых до сих пор не вполне ясен. Большинство этих частиц составляют протоны; некоторые из них обладают очень большими запасами энергии, намного превышающими те предельные показатели, которые позволяют достичь самые мощные ускорители частиц.

Попадая в атмосферу Земли, эти высокоэнергетические "космические лучи" сталкиваются с ядрами атомов, составляющих молекулы различных атмосферных веществ, образуя огромное множество вторичных частиц, которые либо подвергаются независимому распаду, либо вступают в дальнейшие взаимодействия — столкновения. Превращения частиц продолжаются до тех пор, пока очередные из них не достигнут Земли. Так, один-единственный протон, попавший в атмосферу Земли, может породить целый каскад явлений, в ходе которых его исходная кинетическая энергия превратится в целый ливень разнообразных частиц и будет постепенно поглощаться по мере продвижения претерпевающих непрестанные изменения частиц к поверхности Земли. То же самое явление,

наблюдаемое в ходе экспериментов физики высоких энергий по столкновению частиц, происходит естественным путем в атмосфере нашей планеты, И причем в последнем случае его протекание характеризуется гораздо большей интенсивностью, чем во время экспериментов. Непрерывный поток энергии претерпевает на своем пути к Земле множество изменений, частицы непрерывно возникают и исчезают в ритмическом танце творения и разрушения.

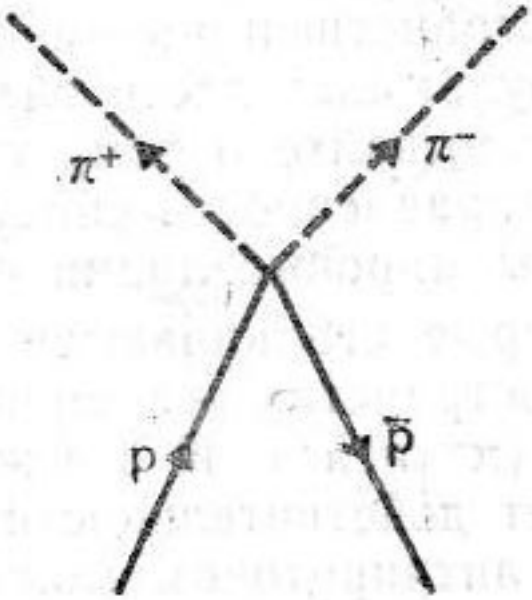


Рис. 38.

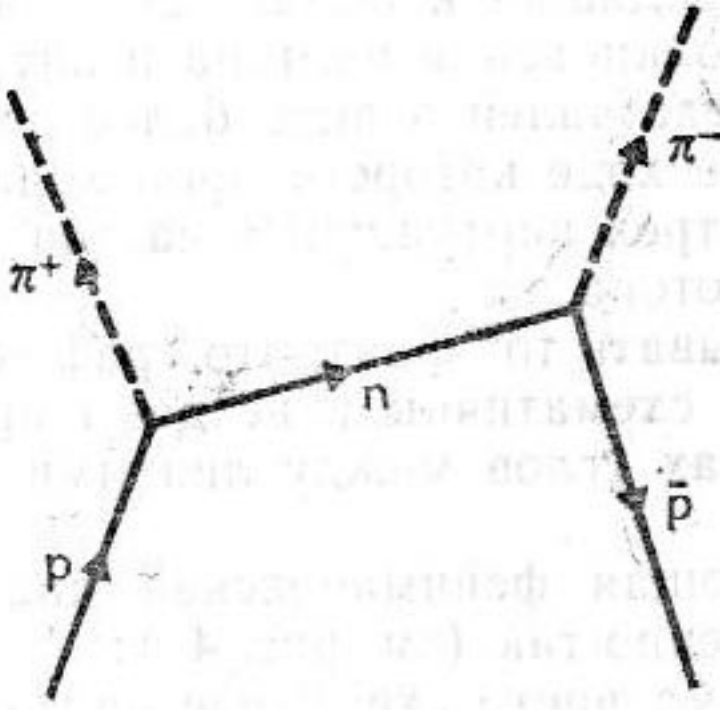


Рис. 39

В мире частиц могут происходить не только такие процессы возникновения и уничтожения частиц, которые поддаются детекции при помощи фотографий пузырьковых камер. Важное место среди явлений субатомного мира занимают и процессы возникновения и аннигиляции виртуальных частиц, участвующих в обменных процессах, опосредующих взаимодействия между частицами. Виртуальные частицы существуют не настолько долго, чтобы можно было подтвердить их присутствие экспериментальным путем. Возьмем, к примеру, возникновение двух пионов в результате столкновения протона и антипротона. Пространственно-временной график для данного процесса будет выглядеть следующим образом (см. рис. 38). Не забывайте о том, что время на этих графиках имеет направленность снизу вверх. На этом графике изображены мировые линии протона (p) и антипротона (-p) которые сталкиваются друг с

другом в некоторой точке пространства — времени, аннигилируя и образуя два пиона ($\pi+$ и π^-). И все же этот график не вполне соответствует действительности. Взаимодействие между протоном и антипротоном можно представить в виде процесса обмена виртуальным нейтроном, изображенного на рис. 39.

Точно таким же образом процесс, зафиксированный на рис. 40, приводящий к образованию четырех пионов и результате столкновения протона и антипротона, тоже может быть представлен в виде более сложного обменного процесса, в ходе которого происходит образование и аннигиляция трех виртуальных частиц — двух нейтронов и одного протона.

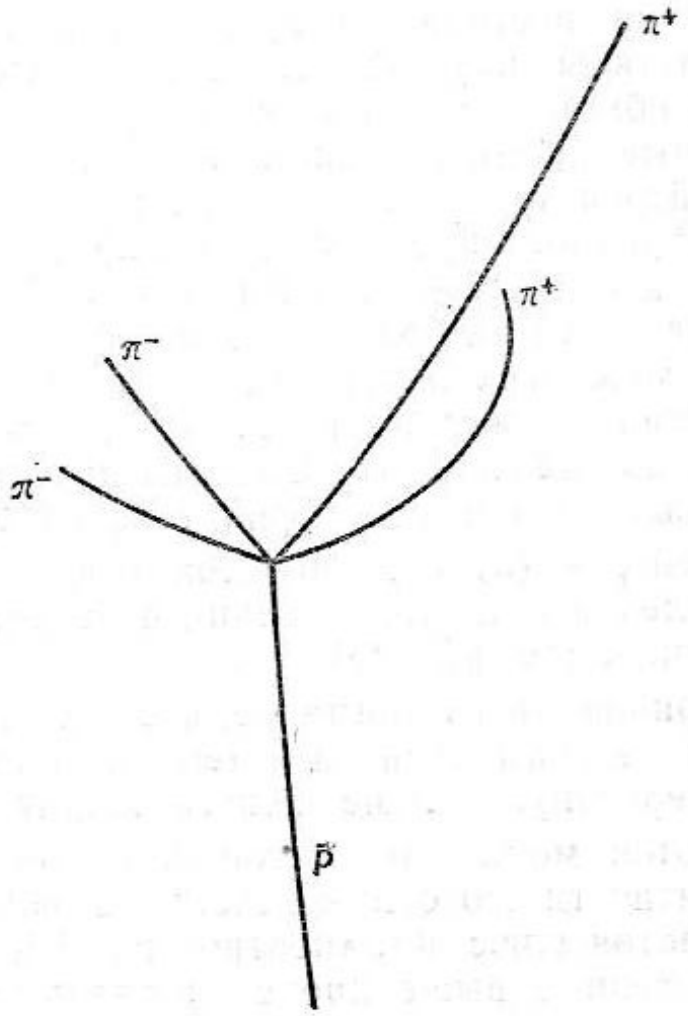


Рис. 40.

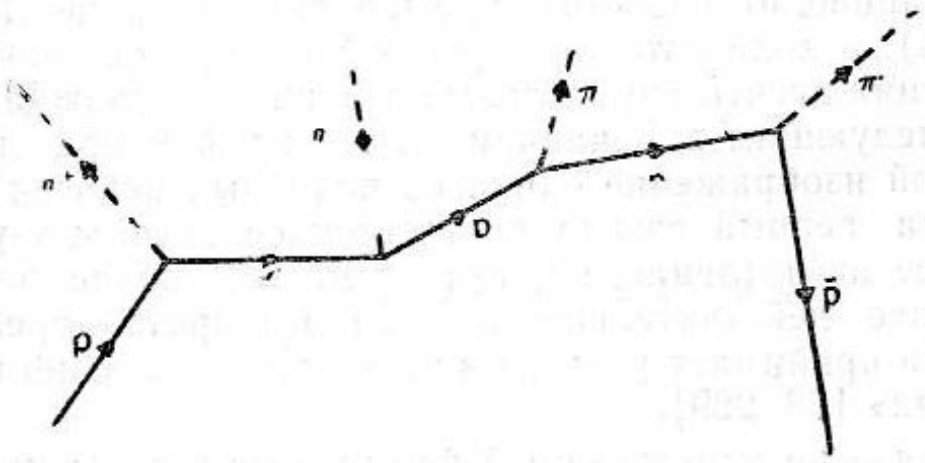


Рис. 41

Нужно учитывать тот факт, что графики в этой части главы довольно схематичны и не дают представления о точных величинах углов между линиями движения частиц.

Соответствующая фейнмановская диаграмма будет выглядеть примерно так (см. рис. 41):

Эта диаграмма чисто схематическая, и не показывает точных углов разлета частиц. Отметим также, что изначальный протон, находящийся в пузырьковой камере, не виден на фотографии (и, соответственно, диаграмме), но имеет свою мировую линию на этой пространственно-временной диаграмме, поскольку он движется во времени.

Все эти примеры демонстрируют нам, что следы частиц на фотографиях пузырьковой камеры могут дать только самое общее представление о взаимодействиях частиц. Реальные же процессы состоят из целой последовательности обменов частицами. Если мы вспомним о том, что каждая из частиц, принимающих участие во взаимодействии, постоянно испускает и поглощает виртуальные частицы, картина станет еще более сложной. Так, протон обычно периодически испускает и поглощает нейтральные пионы, иногда он испускает (π^+) и превращается в нейтрон, который через некоторое время поглощает этот (π^-) и снова превращается в протон. На графиках Фейнмана это отражается в том, что обычная линия протона заменяется на более сложное изображение (см. рис. 42). В ходе этих виртуальных процессов первоначальная частица может на некоторое время исчезнуть, как скажем, на графике "в". Возьмем другой пример — скажем, процесс, в котором отрицательный пион распадается на нейтрон (n) и антипротон (-p), аннигилирующие при последующем столкновении и превращающиеся в исходный пион (см. рис. 43).

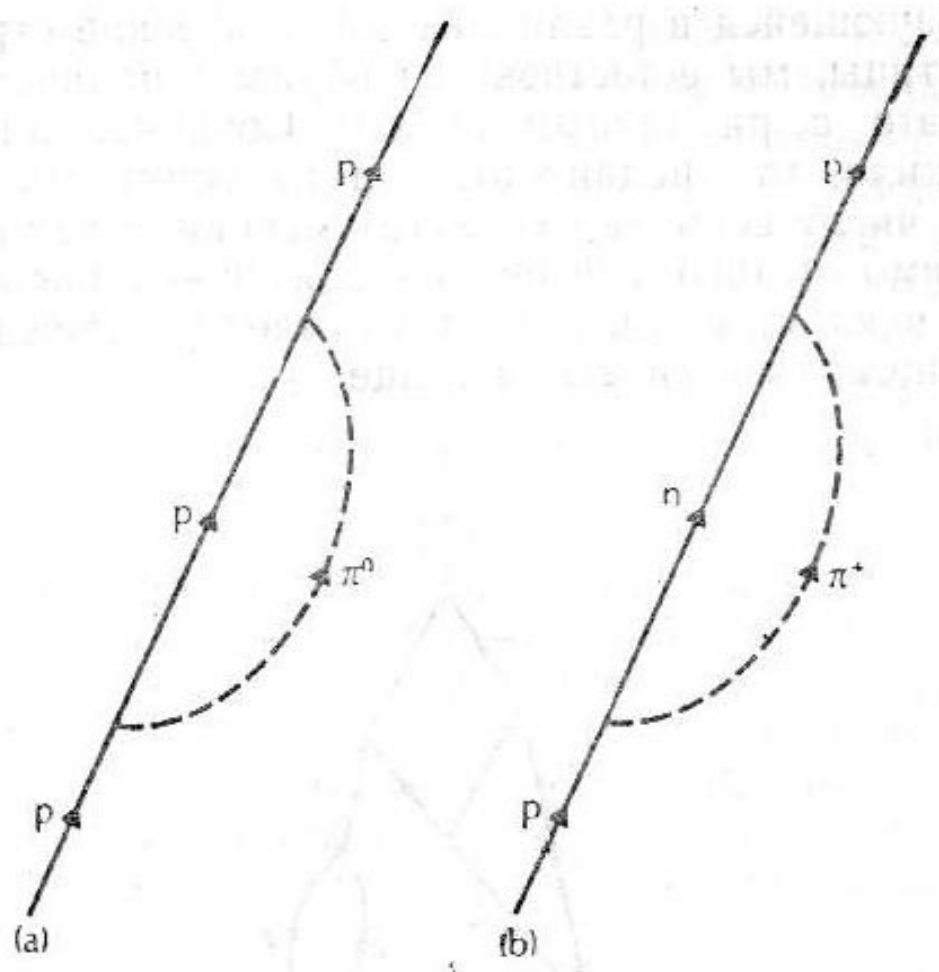


Рис. 42. Фейнмановские диаграммы, показывающие, как протон излучает и поглащает виртуальные пионы

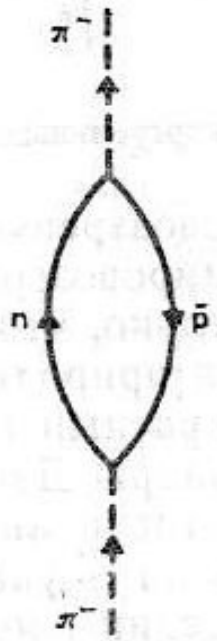


Рис. 43. Возникновение виртуальной пары нейтрон-антипротон

Важно принимать во внимание, что все эти процессы подчиняются законам квантовой теории, а следовательно, имеют вероятную, а не действительную природу. Каждый протон может быть охарактеризован с точки зрения вероятности его существования в форме различных пар: "протон плюс π^0", "нейтрон плюс π^+" и так далее. Перечисленные выше процессы являются простейшими примерами виртуальных взаимодействий. Гораздо более сложные, запутанные паттерны возникают тогда, когда виртуальные частицы порождают другие виртуальные частицы, умножая таким образом число виртуальных взаимодействий (не будем забывать при этом, что вероятности имеют отнюдь не произвольный характер, но подчиняются некоторым общим закономерностям, которым будет посвящена отдельная глава).

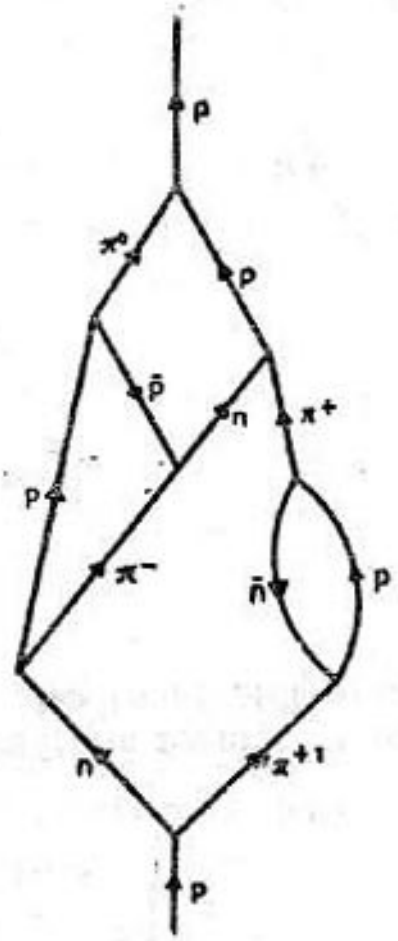


Рис. 44. Сеть виртуальных взаимодействий

В своей книге "Мир элементарных частиц" Кеннет Форд приводит сложный пример такого процесса (см. рис. 44), в ходе которого происходит образование и аннигиляция десяти виртуальных частиц, сопровождая график следующим замечанием: "Этот график представляет собой изображение одной из подобных цепочек явлений, на первый взгляд производящее довольно устрашающее впечатление, но, тем не менее, вполне соответствующее действительности. Каждый протон время от времени принимает участие в этом танце творения и разрушения" [28,209].

Форд — не единственный физик, использовавший выражение типа "танец творения и разрушения", "танец энергии". При попытке представить себе поток энергии, преобразующейся в различные динамические структуры, или частицы, мы естественным образом начинаем сравнивать это с ритмичным танцем. Современная физика обнаружила, что подвижность и изменчивость принадлежат к числу основных свойств материи, и вся материя, независимо от того, где она находится — у нас, на Земле, или в космосе, — всегда принимает участие в непрекращающемся космическом танце.

Динамическое мировоззрение восточных мистиков имеет много общего с мировоззрением современной физики, поэтому неудивительно, что для выражения своего интуитивного восприятия природы мистики тоже используют образ танца. Прекрасный пример такого рода мы находим в книге Александры Дэвид-Неел "Путешествие в Тибет", в описании встречи автора с ламой, представившемся как "властелин звука" и изложившим свои взгляды на природу материи следующим образом: "Все вещи... суть скопления атомов, которые танцуют, и посредством своего движения рождают звуки. Когда ритм их танца изменяется, рождаемый ими звук тоже претерпевает изменения... Каждый атом непрерывно поет свою собственную песню, а звук рождает в этот момент времени плотные и тонкие формы" [22, 186].

Сходство этого подхода с мировоззрением современной физики становится еще более очевидным, если мы вспомним о том, что звук — это волна с определенной частотой, которая изменяется вместе с изменением звука, и что частицы — современный эквивалент старого понятия "атомы" — тоже представляет собой волны, частота колебания которых пропорциональна их запасу энергии. Согласно теории поля, действия каждой частицы сводятся к тому, что она "непрерывно поет свою собственную песню", ритмически порождая энергетические паттерны (виртуальные частицы) в виде "плотных и тонких форм".

Метафора космического танца нашла наибольшее воплощение в индуизме в образе танцующего бога Шивы. Шива, один из древнейших и наиболее почитаемых божеств Индии, обладающих множеством перерождений, является Королем Танцоров. Согласно представлениям индуистов, любая человеческая жизнь представляет собой составную часть всеобщего ритмического процесса творения и разрушения, смерти и воскрешения, а танец Шивы символизирует ритм вечной пульсации между жизнью и смертью, характеризующийся безначальной и бесконечной цикличностью. По словам Ананды Кумарасвами: "Во время ночи Брахмана природа сохраняет неподвижность и не может танцевать до тех пор, пока этого не захочет Шива: он восстает из своего экстаза и, танцующий, пронизывает неподвижную материю волнами несущего пробуждения звука, и — чу! — материя тоже начинает танцевать, окружая Его в своей вечной славе. Танцуя, он поддерживает существование многообразных явлений природы. По истечении времени, все еще продолжая танцевать, Он уничтожает в огне все формы и имена, и снова дает Природе отдых. Это поэзия, и в То же время — наука" [20, 78].

Танец Шивы символизирует не только последовательные циклы творения и разрушения, но и ритм повседневных рождений и смертей, который в индуизме считается основой всякого бытия. В то же время Шива, творящий разнообразные формы материального мира и вновь растворяющий их в плавном течении своего танца, напоминает нам о том, что все формы есть майя, что они не имеют фундаментальной сущности, являясь преходящими и иллюзорными. Генрих Циммер описывает это положение индуистской философии в следующих выражениях: "Его движения — одновременно резкие и исполненные грации — порождают космическую иллюзию; его стремительно движущиеся руки, ноги, и изгиб торса порождают беспрестанное сотворение — уничтожение Вселенной, а точнее — являются таковыми, причем смерть полностью уравновешивает жизнь, и исчезновение полагается закономерным исходом всякого возникновения" [89,155].

Индийские скульпторы десятого — двенадцатого веков создали много бронзовых изображений танцующего Шивы с четырьмя руками, удивительная симметричность и, в то же время, динамичность расположения которых в пространстве передает идею ритмичности и единства проявлений жизни. Каждому жесту Шивы индуистская традиция приписывает особое символическое значение. В правой верхней руке бог держит бубен, символизирующий первозданный звук творения; на его левой верхней ладони мы видим пламя, символизирующее разрушение. Уравновешенность двух верхних рук символизирует динамическое равновесие процессов созидания и разрушения в нашем мире, которое становится еще более очевидным при взгляде на отрешенное лицо Шивы, находящееся на одинаковом удалении от обеих рук и воплощающее идею трансцендирования противопоставления между сотворением и разрушением. Вторая правая рука воздета в успокаивающем жесте, символизирующем состояние защищенности и умиротворения, тогда как вторая левая рука указывает на приподнятую ступню, что означает освобождение от чар майи. Шива изображается танцующим на теле поверженного демона, олицетворяющего человеческое невежество, которое стоит на пути тех, кто стремится к освобождению.

Танец Шивы, по словам Кумарасвами, представляет собой "яснейший образ божественной деятельности, которым по праву могла бы гордиться любая религия и любое искусство" [20, 67]. Поскольку божество является одной из персонификаций Брахмана, его деятельность сводится к порождению и уничтожению мириадов материальных воплощений последнего. Танец Шивы — это танцующая Вселенная, бесконечный поток энергии, принимающий бесчисленное множество рисунков, которые склонны плавно переливаться друг в друга.

Современная физика пришла к выводу, что ритм сотворения и разрушения присутствует не только в чередовании времен года и физическом рождении и гибели живых существ, но и выступает в качестве основной сущности неорганической материи. Согласно теории квантового поля, все взаимодействия между составными частями материи осуществляются посредством испускания и поглощения виртуальных частиц. Более того, танец творения и разрушения представляет собой единственно возможную форму существования самого вещества, так как все материальные частицы "самовзаимодействуют", испуская и поглощая виртуальные частицы. Таким образом, современная физика постулирует то положение, согласно которому, каждая частица принимает участие в танце энергии, одновременно ЯВЛЯЯСЬ этим танцем, пульсирующим процессом творения и разрушения.

Рисунки этого танца характеризуют сущность каждой частицы и ее свойства. Так, например, запас энергии, необходимый для испускания и поглощения виртуальной частицы, эквивалентен определенному количеству массы, которое добавляется к массе самовзаимодействующей частицы. Различные частицы принимают разное участие в этом танце; каждая из них имеет своя параметры энергии и массы. Наконец, виртуальные частицы не только представляют собой единственное средство осуществления взаимодействий между частицами, а, соответственно, и объяснение их свойств, но могут порождаться вакуумом и черпать свою энергию из него. Таким образом, в космическом танце принимает участие не только материя, но и Пустота, бесконечно творя и разрушая энергетические паттерны.

Современные физики воспринимают танец Шивы как танец субатомной материи. Как и в индуистской мифологии, последний представляет собой бесконечный танец сотворения и разрушения, в котором принимает участие весь космос; основу всякого бытия и всех явлений природы. Столетия тому назад индийские скульпторы создавали величественные бронзовые изваяния танцующего Шивы. В наше время физики разработали сложнейшие приборы для того, чтобы получить портрет Вселенной в ее космическом Танце. Фотографии пузырьковой камеры, на которых запечатлены взаимодействия частиц, тоже являются изображениями рисунка танца Шивы, которые не уступают по красоте и значению своим индуистским аналогам. Эти фотографии доказывают, что Вселенная постоянно претерпевает процессы ритмического сотворения и разрушения. Таким образом, метафора космического танца объединяет древнюю мифологию, религиозное искусство и современную физику. Как говорит Кумарасвами, эта метафора представляет собой "поэзию, и в то же время — науку".

Глава 16.
СИММЕТРИЯ В МИРЕ КВАРКОВ — "ЕЩЕ ОДИН КОАН?"

В субатомном мире безраздельно властвуют ритм, движение и непрестанное изменение. Все изменения не случайны и не произвольны. Они следуют очень четким и ясным паттернам. Начнем с того, что все частицы той или иной разновидности абсолютно идентичны по массе, величине электрического заряда и другим характерным показателям. Далее, все заряженные частицы имеют электрический заряд, который либо равен заряду электрона, либо противоположен ему по знаку, либо превышает его в два раза. То же относится к остальным характеристикам частиц; они могут принимать не любые произвольные значения, а только ограниченное их количество, что позволяет нам разделить частицы на несколько групп, которые могут быть также названы "семьями". Это подводит нас к вопросу: каким образом такие определенные паттерны возникают в динамическом и изменчивом мире частиц?

Возникновение четких паттернов в структуре материи — вовсе не новое явление. Оно уже хорошо известно в мире атомов. Как и субатомные частицы, все атомы, принадлежащие к одной и той же разновидности, характеризуются идентичным строением. В периодической таблице все разновидности атомов, или элементы, объединены в несколько больших групп. В наше время ученые хорошо представляют себе основания для такой классификации: она зависит от количества протонов и нейтронов в их ядрах и от распределения электронов по сферическим орбитам вокруг ядер, или "оболочкам". Как уже говорилось ранее, электроны имеют свойства волн (см. гл. 4). Поэтому расстояние между электронными орбитами и количество вращения, которым может обладать электрон, характеризуется несколькими устойчивыми значениями, которые зависят от колебаний электронных волн. Соответственно, в структуре атома возникают определенные паттерны, которые характеризуются набором "квантовых чисел" и которые отражают колебательные паттерны электронных волн на орбитах внутри атома. Эти колебания определяют "квантовые состояния" атома. Поэтому два атома, находящихся в "основном состоянии" или же в одном из "возбужденных состояний", имеют одну и ту же внутреннюю структуру.

Паттерны в мире частиц во многом схожи с паттернами в мире атомов. Так, большинство частиц вращается вокруг своей оси, подобно юле. Их спины могут принимать только некоторые определенные значения, представляющие собой интеграл, помноженный на какую-то базовую единицу. Барионы, например, могут иметь спин, равный 1/2, 3/2, 5/2 и т. д., тогда как мезоны могут иметь спин, равный 0, 1, 2, и т.д. Спин субатомной частицы напоминает нам о количествах вращений электронов на орбитах внутри атома. Спин электрона тоже может быть только целым числом.

Сходство с атомными паттернами усиливается после знакомства с тем фактом, что все сильно взаимодействующие частицы, иначе именуемые адронами, могут быть расположены в четкой последовательности друг за другом. Адроны обладают очень схожими свойствами, и единственное различие между ними вызвано различием их масс и спинов. Частицы с наибольшим порядковыми номерами внутри этой последовательности характеризуются чрезвычайной недолговечностью и носят наименование резонансов. За последнее десятилетие ученым удалось обнаружить много таких резонансов. Масса и спин резонансов увеличивается четко определенным образом, и их последовательность, судя по всему, заканчивается в бесконечности. Четкие закономерности построения этой последовательности чем-то напоминает закономерности перехода атома в различные возбужденные состояния, вследствие чего физики рассматривают частицы с большим порядковым номером внутри этой последовательности не в качестве самостоятельных частиц, а в качестве возбужденных состояний частицы с наименьшей массой. Таким образом, адрон, как и атом, может на какое-то время существовать в различных возбужденных состояниях, которые отличаются от его обычного состояния большим количеством вращений (или спин), и большей энергией (или массой).

Сходство квантовых состояний атомов и адронов наводит на мысль о том, что адроны тоже представляют собой сложные объекты, имеющие внутреннюю структуру и способные "возбуждаться", то есть поглощать энергию для образования различных паттернов. Однако, сегодня мы еще не понимаем, как образуются эти паттерны. В атомной физике их можно объяснить в терминах свойств и взаимодействий компонентов атома (протонов, нейтронов и электронов), однако, это объяснение пока не может быть применено для описания явлений мира частиц. Паттерны, обнаруженные в мире частиц, были определены и классифицированы чисто эмпирическим путем, и их невозможно еще исчислить из составляющей частицы структуры.

Главная сложность, с которой сталкиваются исследователи, занимающиеся физикой частиц, заключается в том, что классические представления о сложных "объектах", состоящих из "составных частей", оказываются бесполезными при описании субатомных частиц. Узнать, из каких "составных частей" состоят частицы, можно только одним путем — путем наблюдения за их столкновениями. Однако результаты подобных экспериментов по столкновению частиц отнюдь не подтверждают гипотезу "составных частей": более мелких единиц вещества получить не удается. Например, два протона могут после столкновения разлететься на множество "осколков", но среди них никогда не будет "кусочков протона". Эти осколки всегда будут представлять собой целые адроны, образующиеся из кинетических энергий и масс сталкивающихся протонов. Поэтому распад на "составляющие" носит не очень очевидный характер и зависит от количества энергии, принимающего участие в процессе. В данном случае мы имеем дело с типично релятивистской ситуацией чередования и переплетения энергетических узоров, которые не могут рассматриваться в терминах статических сложных объектов и составных частей. О "структуре" атомной частицы можно говорить только в одном смысле — — в смысле ее способности принимать участие в различных процессах и взаимодействиях.

Способы преобразования частиц во время высокоэнергетических столкновений подчиняются определенным законам, которые могут быть использованы для описания мира частиц. В шестидесятые годы, когда было открыто основное большинство частиц, известных современной науке, многие физики уделяли внимание, главным образом, изучению и сопоставлению закономерностей этих преобразований, а не попыткам решить, что же лежит в основе таких динамических паттернов, которые мы называем частицами. Это было вполне естественно, и наука добилась на этом пути больших успехов. Важную роль в исследованиях того периода играло понятие симметрии. Придав понятию геометрической симметрии более общий и абстрактный характер, физики приобрели очень ценный критерий для классификации частиц.

Рис. 45.

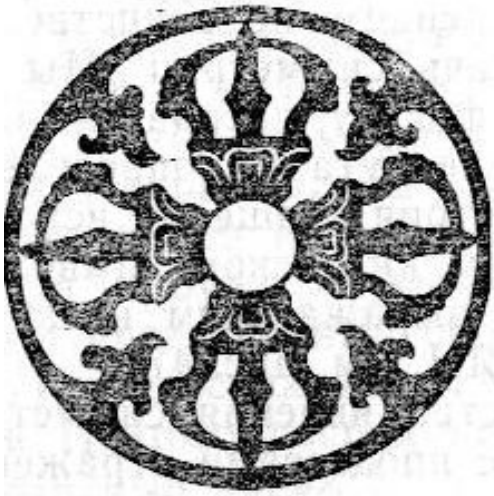


Рис. 46.

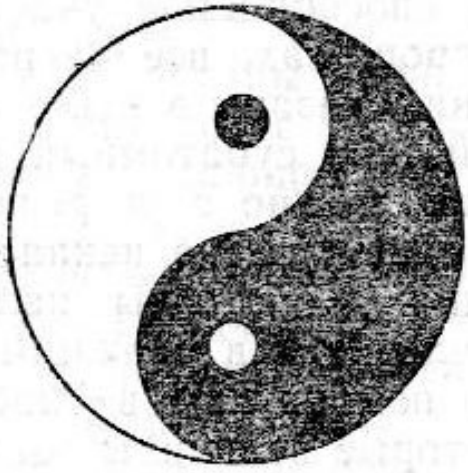


Рис. 47.

В повседневной жизни самым наглядным примером симметрии является отражение в зеркале; мы говорим о фигуре, что она симметрична, в том случае, если через центр этой фигуры можно провести прямую (рис. 45), которая

разделит ее на две части, являющиеся зеркальными отражениями друг друга. Более высокий уровень симметрии предусматривает наличие нескольких линий, или осей симметрии, как, например, в одном из символических изображений, использующихся в буддизме (см. рис. 46).

Однако отражение — не единственная операция, позволяющая достичь симметрии. Мы называем симметричной и такую фигуру, которая не изменяет своего облика, будучи повернута на определенный угол вокруг своей оси. Симметрия вращения используется, в частности, в знаменитом китайском символе Тайцзи, или Великого предела, выражающем идею объединения двух начал — ИНЬ и ЯН (см. рис. 47).

В физике частиц явления симметрии зачастую связаны не только с процессами отражения и вращения, а последние могут происходить не только в обычном пространстве (и времени), но и в абстрактных математических пространствах. Симметричными могут быть отдельные частицы или их группы, а поскольку свойства частиц определяются их способностью участвовать во взаимодействиях, или процессах, все операции, позволяющие достичь симметрии, связаны здесь с "законами сохранения". Если какой-либо субатомный процесс характеризуется симметрией, можно с уверенностью утверждать, что в нем принимает участие некая константа, или постоянная величина. Константы являются маленькими островками стабильности в сложном танце субатомной материи и могут помочь нам в описании взаимодействий частиц. Некоторые величины остаются константами, или "сохраняются", во всех взаимодействиях, некоторые — только в их части. В результате в каждом процессе принимает участие определенное количество констант. Поэтому симметричность частиц и их взаимодействий воплощается в законах сохранения. Физики используют обе эти формулировки, говоря то о симметрии процесса, то о соответствующем законе сохранения.

Существуют четыре основные разновидности законов сохранения, представляющихся общими для всех процессов. Три из них связаны с простыми операциями, позволяющими достичь симметрии в обычном пространстве и времени. Все взаимодействия частиц характеризуются симметричностью в отношении пространственных перемещений: в Лондоне они происходят точно таким же образом, как и в Нью-Йорке. Они обладают симметричностью и в отношении перемещений во времени, протекая во вторник точно так же, как и в четверг. Одна из симметрий связана с сохранением импульса, вторая — с сохранением энергии. Это означает, что суммарная величина импульса, принимающего участие в каком-либо взаимодействии, а также суммарное количество энергии частиц, включающей их массы, остаются постоянными до начала реакции и после ее завершения. Третий основополагающий тип симметрии связан с расположением в пространстве. Смысл этой симметрии заключается в том, что направление движения частиц, принимающих участие во взаимодействии (скажем, вдоль оси север-юг или запад-восток), не оказывает никакого влияния на результаты взаимодействия. Как следствие этой закономерности, суммарное количество вращения не должно изменяться во время процесса. Наконец, четвертым законом является закон сохранения электрического заряда. Он связан с более сложной операцией симметрии. однако его формулировка в качестве закона сохранения предельно проста: суммарный электрический заряд, присущий всем участвующим в столкновении частицам, остается неизменным.

Существует еще несколько законов сохранения, связанных с операциями симметрии, в абстрактных математических пространствах, как и закон сохранения электрического заряда. Некоторые из них соблюдаются во всех процессах, некоторые — только в определенных их разновидностях (как, например, при сильных электромагнитных, но не при слабых воздействиях). Соответствующие константы можно рассматривать как "абстрактные заряды" частиц. По той причине, что эти "заряды" всегда принимают целые или "полуцелые" значения, они получили название "квантовые числа", по аналогии с квантовыми числами атомной физики. Следовательно, каждая частица соотносится с определенным набором квантовых чисел, которые зависят от ее массы и полностью характеризуют все ее свойства.

Например, адроны характеризуются такими величинами, как "изоспин" и "гиперзаряд". Эти два квантовых числа являются константами во всех сильных взаимодействиях. Если мы расположим восемь мезонов, перечисленных в таблице в предыдущей главе, в соответствии со значениями этих двух квантовых чисел, то получим гексагональный паттерн, известный в современной физике под названием "мезонный октет". При таком расположении мы наблюдаем несколько осей симметрии: так, частицы и античастицы занимают в шестиугольнике противоположные позиции, а две частицы в центре являются античастицами друг для друга.

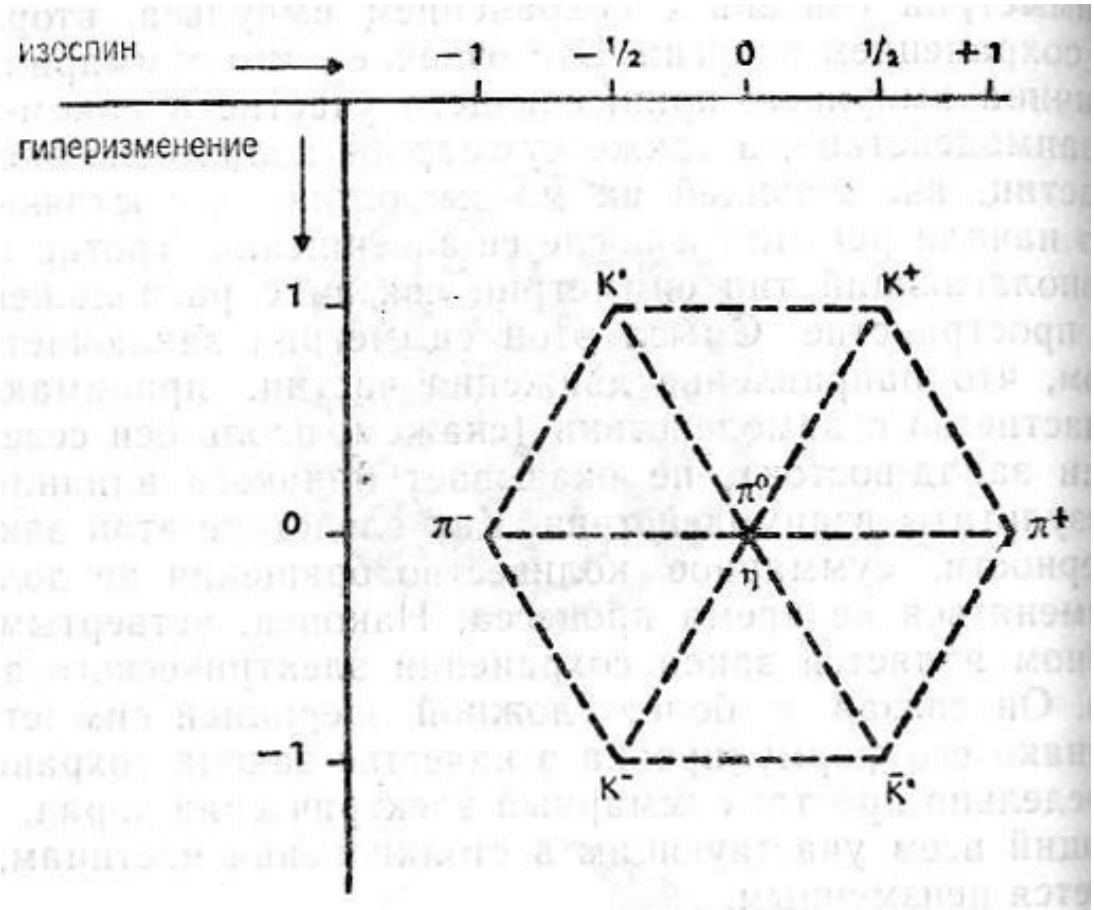
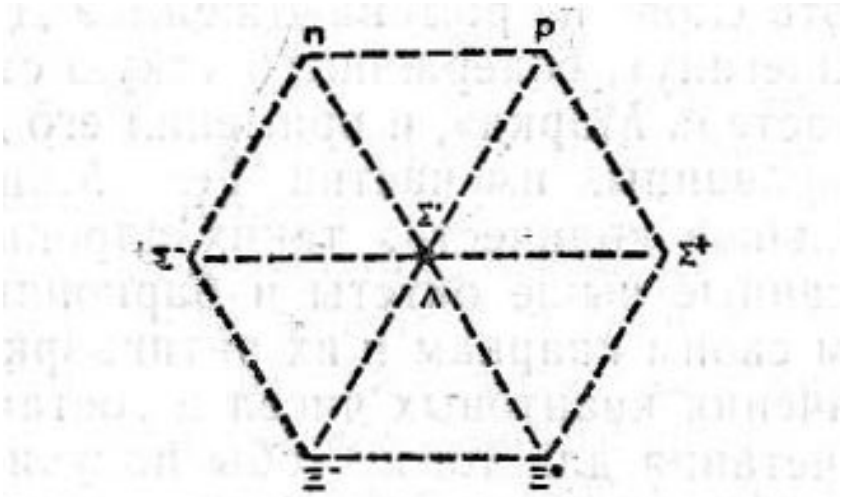
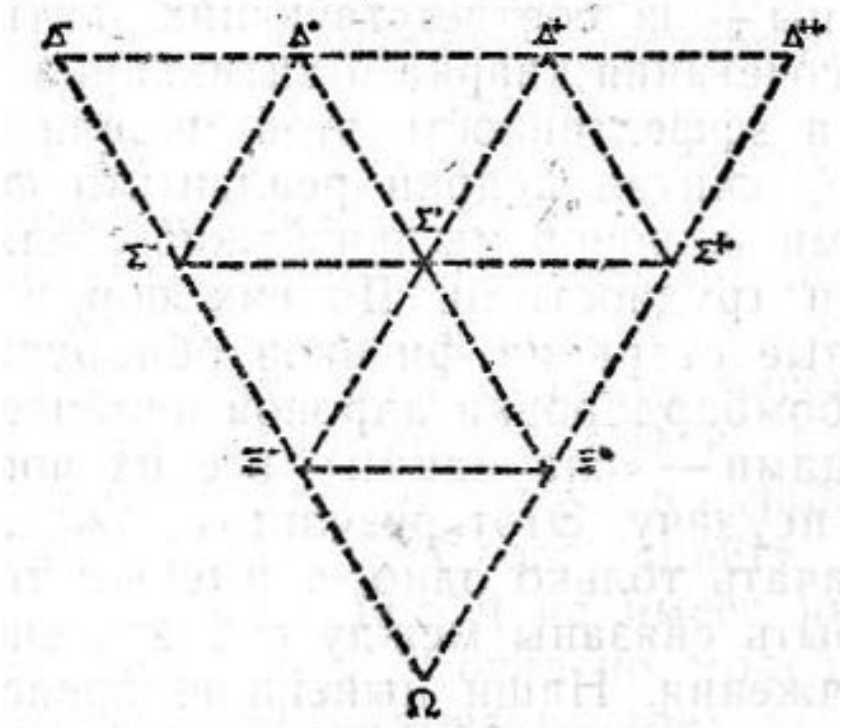


Рис. 48. Мезонный октет

Аналогичный паттерн образуют восемь наиболее легких барионов. Он носит название "барионный октет". Отличие заключается в том, что в последнем случае античастицы не входят в нее, а образуют идентичный ей энтиоктет. Последний, девятый барион из нашей таблицы — омега, вместе с девятью резонансами принадлежат к другому паттерну — "барионная десятка". Все частицы, принадлежащие тому или иному симметричному паттерну, имеют одинаковые квантовые числа, за исключением изоспина и гиперзаряда, от которых зависит их расположение внутри паттерна. Так, все мезоны в октете имеют нулевой спин (то есть не вращаются совсем): барионы в октете имеют спин, равный 1/2, а в барионной десятке — 3/2 (см. рис. 49).



барионный октет



барионный декуплет

Рис. 49.

Квантовые числа используются не только для классификации частиц и разделения их на "семьи", формирующие четкие симметрические паттерны, и для определения положения каждой частицы внутри соответствующего паттерна, но и для классификации взаимодействий частиц в зависимости от присущих им законов сохранения. Таким образом, два взаимосвязанных понятия — понятия симметрии и сохранения — оказываются чрезвычайно полезными при описании закономерности мира частиц.

Поразительно то, что все эти закономерности приобретают гораздо более простой вид, если мы придерживаемся той точки зрения, что адроны состоят из небольшого количества элементарных единиц, которые до сих пор ускользали от непосредственного наблюдения. Эти единицы получили название "кварков". Этот термин был впервые использован Мюрреем Гелл-Манном, который заимствовал это слово из романа Джеймса Джойса "Поминки по Финнегану", содержащего такую строку: "Три кварка для Мастера Марка", и применил его для обозначения постулированных им частиц. Гелл-Манну удалось объяснить большое количество таких адронных паттернов, как описанные выше октеты и барионные десятки, приписав трем своим кваркам и их антикваркам соответствующие значения квантовых чисел и

составляя из них различные сочетания для того, чтобы получить барионы и мезоны, квантовые числа которых складываются из квантовых чисел составляющих их кварков. При этом предполагается, что барионы "состоят" из трех кварков, их античастицы — из соответствующих антикварков, а мезоны — из сочетания кварка и антикварка.

Простота и эффективность этой модели совершенно очевидны, но, считая кварки реальными физическими составляющими адронов, мы неизбежно столкнемся с непреодолимыми трудностями. До сих пор, несмотря на самые активные старания физиков обнаружить кварки при помощи бомбардировки адронов наиболее "скоростными" частицами — "снарядами", все их попытки были обречены на неудачу. Этот результат может, по всей видимости, означать только одно, а именно: то, что кварки должны быть связаны между собой очень мощными силами притяжения. Наши нынешние представления о частицах и их взаимодействиях предполагают, что за всеми силами в действительности стоит обмен более мелкими частицами, то есть, что кварки имеют некую внутреннюю структуру, подобно всем остальным сильновзаимодействующим частицам. Но в модели Гелл-Манна кварки рассматриваются в качестве точечных лишенных структуры единиц. Из-за этого несоответствия физикам до сих пор не удается сформулировать кварковскую модель таким образом, чтобы одновременно учесть и симметрию, и силы притяжения.

За последнее десятилетие ведущие специалисты по экспериментальной физике предприняли настоящую "охоту за кварком", которая до сих пор не увенчалась успехом. Если отдельные кварки могут существовать самостоятельно, сами по себе, их детекция не должна представлять больших затруднений, так как модель Гелл-Манна приписывает им ряд очень необычных свойств, как, в частности, обладание электрическим зарядом, равным одной или двум третям заряда электрона, что принципиально невозможно в мире частиц. До сих пор таких частиц обнаружить не удавалось. Невозможность обнаружить кварки экспериментальным путем, в сочетании с серьезными теоретическими возражениями против их существования, сделали вероятность их существования довольно проблематичной.

С другой стороны, кварковая модель продолжает оставаться в высшей степени уместной для описания закономерностей мира частиц, хотя она уже давно не используется в своей первоначальной форме. Согласно формулировке Гелл-Манна, все адроны могут состоять из кварков трех типов и их антикварков, однако к настоящему времени физикам пришлось постулировать существование дополнительных кварков для того, чтобы объяснить все многообразие адронных паттернов. Три кварка Гелл-Манна получили довольно условные обозначения: u (от английского слова "up" — "вверх"), d (от английского слова "down" — "вниз) и s (от английского слова "strange" — "странный). Первым дополнением к первоначальной концепции, возникшем в результате применения кварковой гипотезы ко всему массиву данных о мире частиц, было положение, согласно которому каждый кварк должен обладать тремя потенциальными состояниями, или цветами. Слово "цвет" используется здесь довольно произвольно и не имеет ничего общего с нашим понятием цвета. Согласно модели разноцветных кварков, барионы состоят из трех кварков разных цветов, а мезоны — из пары кварк-антикварк одного и того же цвета.

Введение понятия цвета увеличило количество кварков до девяти, а недавно было постулировано существование еще одного, уже четвертого, кварка, который тоже может появляться в любом из трех цветов. Из-за любви физиков к необычным названиям этот новый кварк был обозначен при помощи буквы "c" (от английского слова "charm" — "очарование"). В результате кварков стало двенадцать — четыре разновидности, каждая из которых может существовать в трех цветах. Для того, чтобы разграничить понятия разновидности и цвета, физики ввели понятие "аромата", и говорят теперь о кварках различных цветов и ароматов.

Многообразие закономерностей, находящих объяснение при помощи этой "двенадцатикварковой" модели, представляется воистину впечатляющим (в послесловии разговор о кварках продолжается с учетом более современных исследований в этой области). Нет никакого сомнения в том, что для всех адронов характерны "кварковые симметрии", и, хотя наше сегодняшнее понимание частиц и их взаимодействий плохо соотносится с возможностью сосуществования физических кварков, адроны очень часто ведут себя таким образом, как если бы они в самом деле состояли из точечных элементарных компонентов. Парадоксальная ситуация вокруг кварковой модели очень похожа на ситуацию, сложившуюся накануне возникновения атомной физики, когда настолько же очевидная парадоксальность физической действительности побудила ученых осуществить радикальный переворот в понимании атомов. Загадка кварков обладает всеми признаками нового Коана, решение которого тоже может повлечь существенное изменение наших воззрений на природу субатомных частиц. По сути дела, это изменение уже происходит на наших глазах. Его описанию посвящены следующие главы. Некоторые физики приблизились к решению кваркового коана уже сегодня, что позволяет им соприкоснуться с наиболее удивительными сторонами физической действительности.

Обнаружение симметричных паттернов в мире частиц привело физиков к выводу о том, что эти паттерны являются отражением фундаментальных законов природы. За последние пятнадцать лет усилия многих исследователей были посвящены поиску высшей, наиболее "фундаментальной симметрии", которая была бы характерна для всех частиц, и могла бы поэтому помочь ученым понять принципы строения материи. Подобный подход был характерен для европейской науки со времен Древней Греции. Греческая наука, философия и искусство придавали очень большое значение симметрии, вкупе с геометрией, и видели в ней воплощение красоты, гармонии и совершенства. Так, например, пифагорейцы считали, что сущность всех вещей определяется симметричным числом паттернов; Платон был уверен в том, что атомы четырех элементов представляют собой твердые тела; большинство греческих астрономов придерживались концепции, согласно которой все небесные тела движутся по окружностям, поскольку круг — самая симметричная геометрическая фигура.

Восточные философы отводили симметрии совершенно другое место. Последователи дальневосточных мистических традиций часто используют симметричные паттерны при медитации или в качестве символов, однако понятие симметрии не играет заметной роли в их философии. Напротив, оно, как и все понятия, считается продуктом мыслительной деятельности человека, а не свойством, присущим самой природе. Поэтому восточные мудрецы не придают симметричности большого значения. В соответствии с этим философским подходом восточное искусство часто использует асимметричные очертания и последовательности и избегает всех правильных и геометрических форм. Во вдохновленной учением дзэн живописи Китая и Японии мы нередко встречаем изображения в так называемом "стиле одного угла": расположение камней в японских садах не подчиняется правилам симметрии, что еще раз подтверждает, что роль симметрии в восточной культуре сильно отличается от ее роли в культуре Европы.

По всей видимости, стремление к поиску фундаментальной симметрии в физике частиц является частью нашего эллинического наследия, которое, тем не менее, плохо соотносится с общим мировоззрением современной науки. Однако подчеркнутое внимание к симметриям характерно не для всех направлений физики частиц. Наряду со статическим, "симметрическим" направлением в ней представлена и "динамическая" школа, которая стремится рассматривать паттерны частицы не как конечный уровень устройства мира, а как нечто вторичное, своего рода проявление динамической природы субатомной действительности и принципиальной взаимосвязанности и нераздельной слитности всех происходящих в ней явлений. В последних двух главах повествуется о том, как в течение десяти последних лет в рамках этого динамического направления возник совершенно новый подход к рассмотрению симметрий и законов природы, который вполне гармонирует как с мировоззрением современной физики, так и с восточными мистическими учениями.

Глава 17.
МОДЕЛИ ПЕРЕМЕН

Одна из основных задач современной физики — объяснение симметрий мира частиц при помощи динамической модели, то есть в терминах взаимодействий между частицами. Сложность, собственно говоря, заключается в том, чтобы одновременно принять во внимание теорию относительности и квантовую теорию. Паттерны частиц, вероятно, отражают "квантовую природу" этих частиц, поскольку сходные паттерны встречаются и в мире атомов. В физике частиц, однако, их невозможно объяснить как волновые паттерны, в рамках квантовой теории, поскольку вовлекаемые в эти процессы энергии столь велики, что необходимо применять теорию относительности. Поэтому для рассмотрения симметрий необходима "квантово-релятивистская" теория частиц.

Первая модель такого типа — теория квантового поля. Она прекрасно подходит для описания всех элементарных взаимодействий между электронами и фотонами, но не может помочь при рассмотрении сильных взаимодействий (в Послесловии эта сторона проблемы раскрыта более полным образом). По мере открытия новых частиц физики все больше убеждались в том, что концепция, согласно которой каждому типу частиц соответствует особая разновидность поля, является непродуктивной. Когда ученым стало ясно, что мир частиц представляет собой сложное переплетение взаимосвязанных процессов, они начали искать новые модели для объяснения этой динамической, непрестанно изменяющейся действительности. Им хотелось описать математическим языком все сложные закономерности адронных преобразований: их постоянные превращения друг в друга, взаимодействия между адронами через посредство других частиц, возникновение "связанных состояний" двух или большего количества адронов и их последующий распад на различные сочетания частиц. Все эти процессы, характерные для сильных взаимодействий и получившие общее наименование "реакций частиц", должны рассматриваться в контексте единой квантоворелятивистской адронной модели.

На сегодняшний день для описания адронов наилучшим образом подходит так называемая "теория S-матрицы". Ключевое понятие теории, S-матрица, было впервые предложено Гейзенбергом в 1943 году. За последующие два десятилетия ученые построили на его основе стройную математическую модель для описания сильных взаимодействий. S-матрица представляет собой набор вероятностей для всех возможных реакций с участием адронов. S-матрица получила такое наименование благодаря тому обстоятельству, что вся совокупность возможных адронных реакций может быть представлена в виде бесконечной последовательности ячеек, которая в математике называется матрицей. Буква "s" сохранилась от полного названия этой матрицы, которая звучит как "матрица рассеивания" (англ. "рассеивание" "scattering") и используется для обозначения процессов столкновений, или "рассеиваний", численно преобладающих среди всех реакций частиц.

Впрочем, на практике ни у кого обычно не возникает необходимости использовать S-матрицу целиком, то есть рассматривать всю совокупность адронных процессов в целом. Поэтому физики, как правило, имеют дело только с отдельными частями, или "элементами", S-матрицы, имеющими отношение к той разновидности реакций, которая является предметом исследования того или иного ученого. Эти элементы изображаются в виде графиков (см. рис. 50). На этом рисунке мы видим одну из самых обычных реакций частиц: две частицы, A и B, сталкиваются друг с другом, превращаясь в две другие частицы — C и D. Более сложные процессы имеют больше частиц-участников и изображаются при помощи следующих графиков (рис. 51).

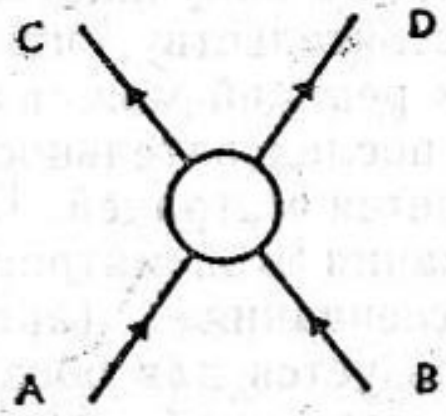


Рис. 50.

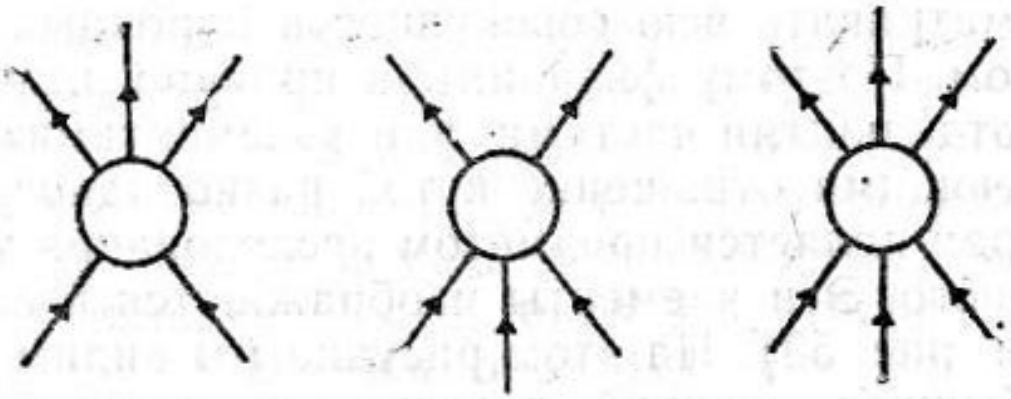


Рис 51.

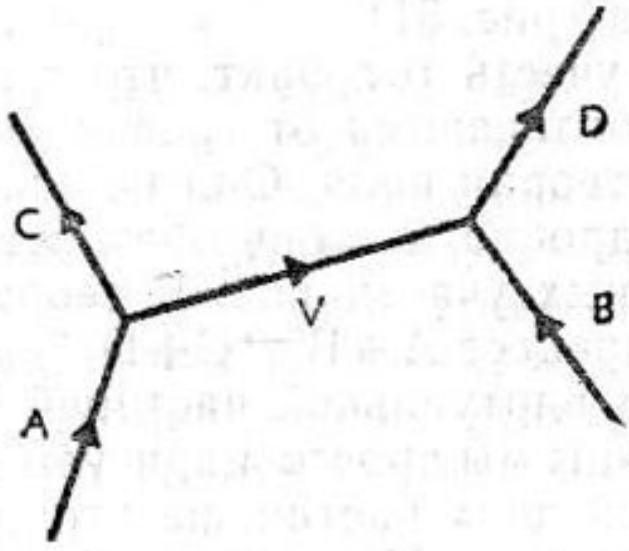


Рис. 52.

Очень важно учесть тот факт, что графики S-матрицы значительно отличаются от графиков Фейнмана, использующихся в теории поля. Они не изображают механизм реакции подробно, а лишь обозначают ее

первоначальных и конечных участников. В теории поля тот же самый обычный процесс A+B → C+D будет изображаться в виде обмена виртуальной частицей V (см. рис. 52). В теории S-матрицы мы просто нарисуем кружок в месте пересечения линий двух частиц, не уточняя, что именно происходит внутри него. Поэтому графики S-матрицы не относятся к разряду пространственно-временных, представляя собой более обобщенные символические изображения реакций частиц. Эти реакции не принято характеризовать тем или иным положением в пространстве и времени. Их единственными характеристиками являются скорости, или, точнее, импульсы, частиц на входе ячейки S-матрицы и на выходе из них.

Из этого, безусловно, следует, что график S-матрицы содержит гораздо меньше информации, чем соответствующий график Фейнмана. С другой стороны, теория S-матрицы позволяет избежать той трудности, которая не может быть преодолена в рамках теории поля. Совокупное влияние теории относительности и квантовой теории заключается в том, что взаимодействие тех или иных частиц не может быть точно локализовано в пространстве и времени. Согласно принципу неопределенности, при более четкой пространственной локализации взаимодействия частиц возрастает неопределенность их скоростей (глава 11), а следовательно, и неопределенность их кинетической энергии. Рано или поздно запас кинетической энергии окажется достаточным для образования новых частиц, после чего нельзя с уверенностью утверждать, что мы имеем дело с тем же самым процессом. Поэтому теория, объединяющая квантовую теорию с теорией относительности, должна отказаться от точного местонахождения отдельных частиц. Если это условие останется невыполненным, как в теории поля, мы неизбежно столкнемся с колоссальными математическими трудностями. Именно в этих трудностях заключается головная боль всех ученых, занимающихся разработкой теорий квантового поля. Теория S-матрицы решает эту проблему, указывая точные значения только для импульсов частиц и умалчивая о том участке пространства, в котором происходит соответствующая реакция.

Одно из важнейших нововведений теории S-матрицы заключается в том, что она переносит акценты с объектов на события; предмет ее интереса составляют, таким образом, не частицы, а реакции между ними. Такое смещение акцентов вытекает из положений квантовой теории и теории относительности. С одной стороны, квантовая теория утверждает, что субатомная частица может рассматриваться только в качестве проявления взаимодействия различными процессами измерения. Она представляет собой не изолированный объект, а своего рода происшествие, или событие, которое особенным образом реализует связь между двумя другими событиями. По словам Гейзенберга.

> *"[В современной физике] мир делится не на различные группы объектов, а на различные группы взаимоотношений...*
>
> *Единственное, что поддается выделению, — это тип взаимоотношений, имеющих особенно важное значение для того или иного явления... Мир, таким образом, представляется нам в виде сложного переплетения событий, в котором различные разновидности взаимодействий могут чередоваться друг с другом, накладываться или сочетаться друг с другом, определяя посредством этого текстуру целого" [34, 107].*

С другой стороны, теория относительности побуждает нас говорить о частицах в терминах пространства-времени, понимая их как четырехмерные паттерны — не столько объекты, сколько процессы. S-матричный подход объединяет обе эти точки зрения. Используя четырехмерный математический формализм теории относительности, такой подход описывает все свойства адронов в форме реакций (или, что более точно, в терминах вероятностей реакций), устанавливая, таким образом, тесную взаимосвязь между частицами и процессами. В каждой реакции принимают участие различные частицы, которые связывают ее с остальными реакциями, формируя единую сеть процессов.

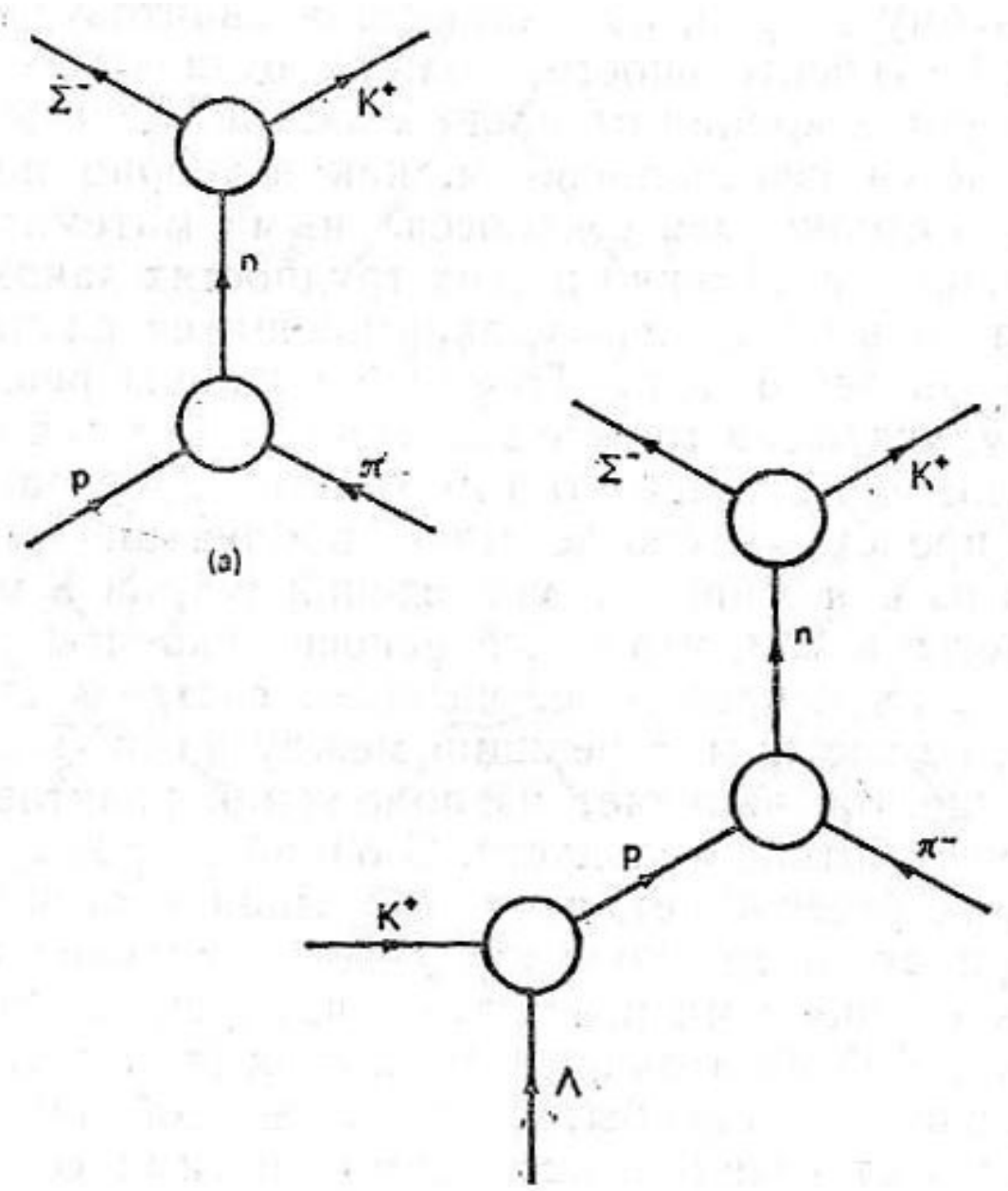


Рис. 53.

Нейтрон, например, может участвовать в двух последовательных реакциях, включающих различные частицы: в первой — протон и π^-, во второй — Σ^- и K^+. Таким образом, нейтрон оказывается звеном, соединяющим две реакции в рамках более масштабного процесса (см. рис. 53, график "а"). Каждая из "входных" и "выходных" частиц в этом процессе может принимать участие и в других реакциях; так, протон может возникнуть благодаря взаимодействию между K^+ и Λ (см. график "в"). K^+ вступит в реакцию с K^- и π^0, а π^- — с еще тремя пионами.

В результате наш нейтрон оказывается звеном в огромной сети взаимодействий, сети "переплетения событий", если говорить языком S-матрицы. Взаимодействия внутри такой сети не могут быть определены со стопроцентной точностью. Им можно приписать только вероятностные характеристики. Для каждой реакции характерна та или иная вероятность, зависящая от запаса энергии и других параметров реакции, и все эти вероятности определяются различными элементами S-матрицы.

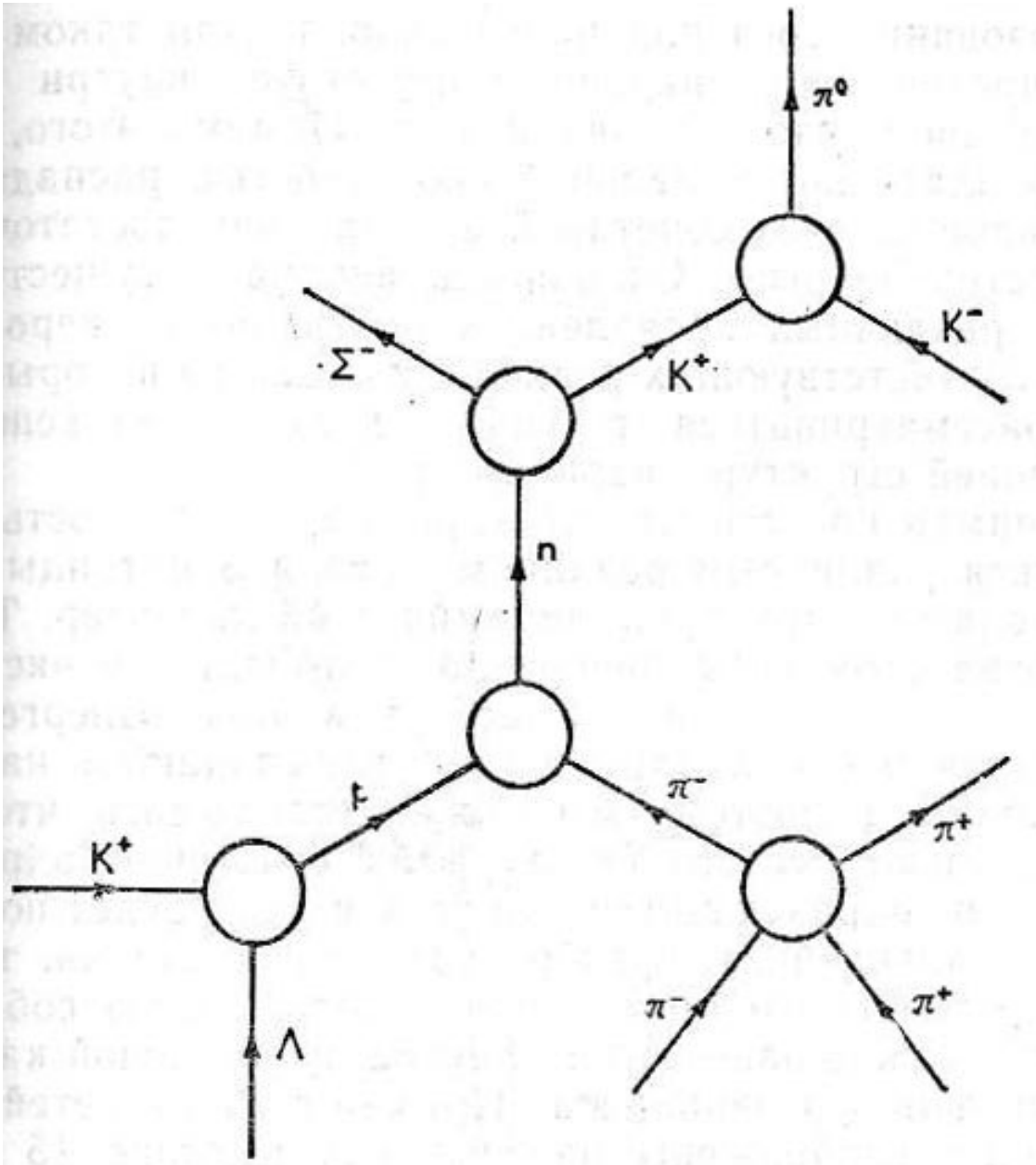


Рис. 54.

При этом мы можем дать в высшей степени динамическое описание структуры адрона (см. рис. 54). В этом новом контексте нейтрон из нашей сети может рассматриваться в качестве "связанного состояния" протона и π^-, из которых он образовался, а также в качестве связанного состояния Σ^- и K^-, которые образуются в результате его распада. Каждое из этих двух сочетаний адронов, как, впрочем, и многие другие, может преобразоваться в нейтрон, а следовательно, они могут быть названы компонентами его "структуры". Тем не менее, структура адрона понимается в данном случае не в качестве некоего соединения составных частей, а в качестве соотношения вероятностей участия различных частиц в образовании того или иного адрона. При таком подходе протон потенциально присутствует внутри пары нейтрон-пион, каон-ламбда и т. д. Помимо этого, протон обладает потенциальной способностью распадаться на каждое из этих сочетаний при наличии достаточного количества энергии. Склонность адрона к существованию в различных проявлениях определяется вероятностями соответствующих реакций, каждая из которых может рассматриваться в качестве одного из аспектов внутренней структуры адрона.

Понимая под структурой адрона его склонность подвергаться различным реакциям, теория S-матрицы придает понятию структуры динамический характер. Такая трактовка структуры прекрасно соотносится с экспериментальными данными. Участвуя в высокоэнергетических столкновениях, адроны всегда распадаются на другие адроны, и поэтому мы можем утверждать, что они потенциально "состоят" из этих сочетаний адронов. Каждая из образующихся при этом частиц будет подвергаться дальнейшим преобразованиям, соединяя, таким образом, наш исходный адрон с целой сетью событий, которую можно запечатлеть внутри пузырьковой камеры при помощи фотоаппарата. Примеры таких сетей реагирования изображены на рисунках в главе 15 и на рис. 55.

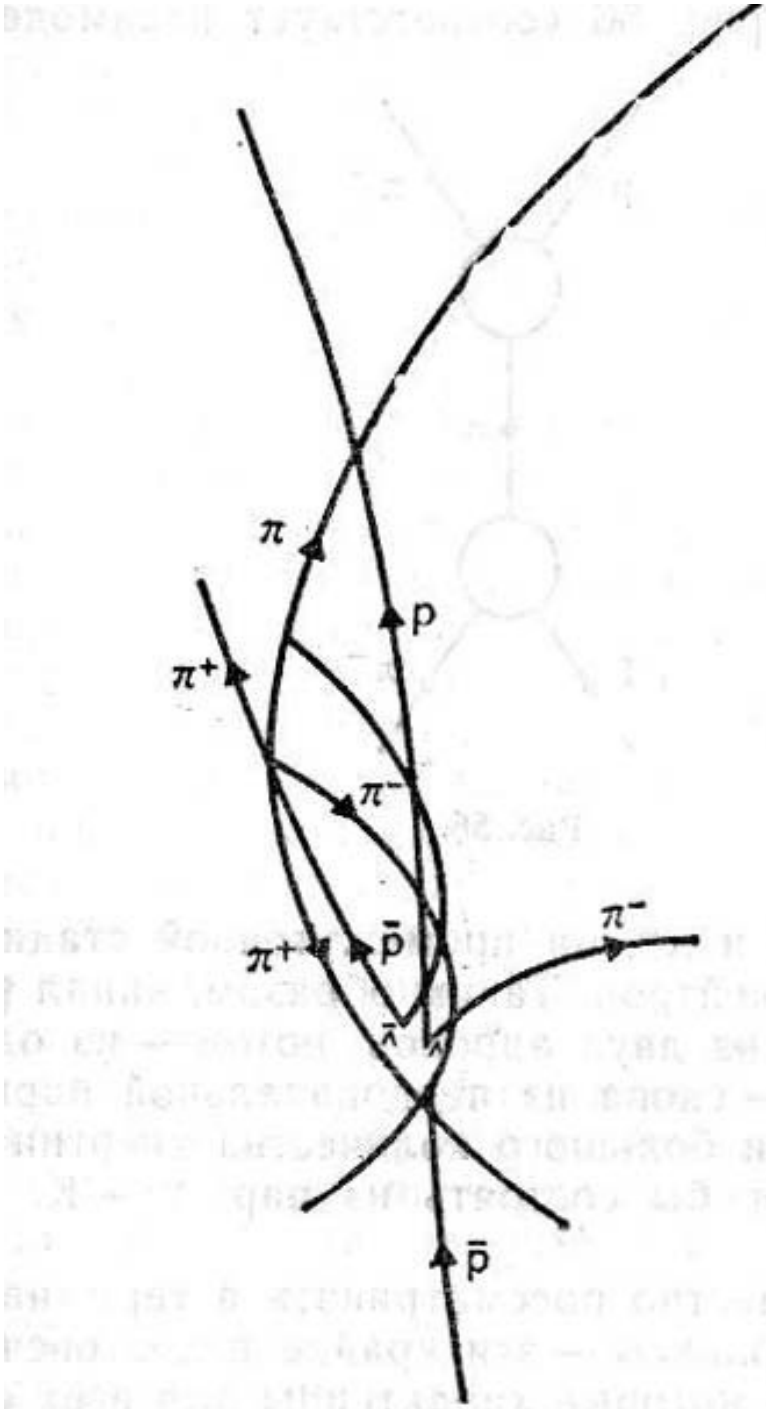


Рис. 55. Сеть реакций, в которых принимают участие протоны, антипротоны, несколько пионов и пара ламбда-антиламбда

Хотя проявление той или иной сети во время конкретного эксперимента определяется одной лишь случайностью, каждая сеть обладает вполне предсказуемой структурой. Причина — в действии уже упоминавшихся законов сохранения, согласно которым могут происходить только такие реакции, в которых сохраняется неизменным определенный набор квантовых чисел. Прежде всего, константой должно быть суммарное количество энергии. Это означает, что в ходе реакции могут возникать только те частицы, для образования массы которых окажется достаточным имеющийся запас энергии. Далее, возникшие частицы должны в совокупности обладать тем же квантовыми числами, что и первоначальные частицы. Возьмем, к примеру, взаимодействие протона и π^-. Суммарный электрический заряд этих частиц равен нулю. В результате их столкновения могут образоваться нейтрон и π^0 но не нейтрон и π^+, так как суммарный электрический заряд второго сочетания равен +1. Следовательно, адронные реакции представляют собой поток энергии, в котором возникают и исчезают частицы, но эта энергия может "течь" только по некоторым определенным "каналам", характеристиками которого и являются квантовые числа, сохраняющиеся во время сильных взаимодействий в качестве констант.

В теории S-матрицы понятие канала реакции имеет более фундаментальное значение, чем понятие частицы. Оно определяется как набор квантовых чисел, присущий различным адронным сочетаниям, а нередко — и отдельным адронам. Какое именно сочетание пройдет через тот или иной канал, определяется вероятностью и зависит, в первую очередь, от имеющегося количества энергии. График на рис. 56 соответствует взаимодействию между протоном и π^-, на промежуточной стадии которого образуется нейтрон. Таким образом, канал реакции состоит сначала из двух адронов, потом — из одного, а в конце концов — снова из первоначальной пары адронов. При наличии большого количества энергии тот же самый канал мог бы состоять из пар Λ — К, Σ — K^+ т. д.

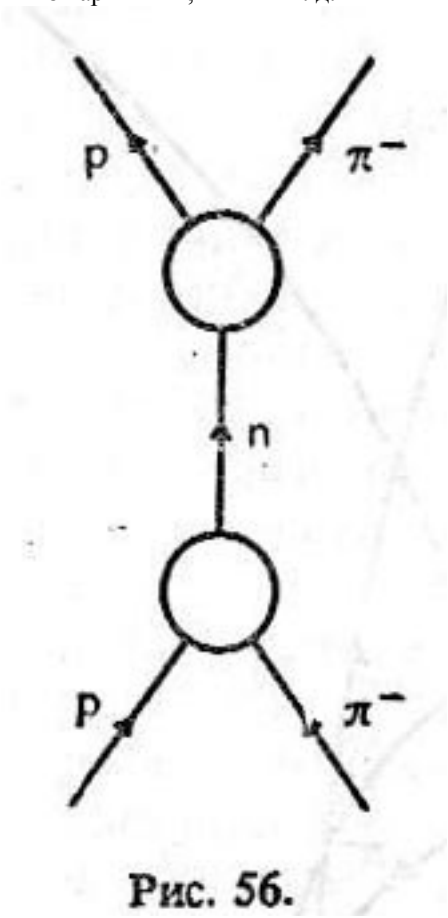


Рис. 56.

Еще более уместно рассматривать в терминах каналов реакций резонансы — эти крайне недолговечные состояния адронов, которые характерны для всех сильных взаимодействий. Они представляют собой настолько эфемерные явления, что физики сначала даже не хотели рассматривать их в качестве частиц, да и до сих пор одна из важнейших задач, стоящих перед современной экспериментальной физикой высоких энергий, заключается в том, чтобы более точно определить свойства резонансов. Резонансы образуются во время столкновений между адронами и почти сразу же распадаются. В пузырьковой камере они никак не обнаруживают своего присутствия, и обнаружить их можно только благодаря характерному изменению вероятностных характеристик реакций. Вероятность прохождения реакции при столкновении двух адронов зависит от количества энергии, принимающей участие в столкновении. При изменении количества энергии вероятность тоже изменяется; причем при увеличении запаса энергии она может не только возрасти, но и снизиться, что определяется другими особенностями реакции. Однако при некоторых значениях запаса энергии вероятность реакции возрастает довольно резко; при таких значениях реакция будет происходить гораздо чаще, чем при всех остальных. Резкий рост вероятности связан с образованием недолговечного промежуточного адронного состояния с массой равной тому количеству энергии, при котором отмечается резкое увеличение вероятности.

Причина, по которой эти недолговечные адронные состояния получили название резонансов, имеет отношение к аналогии из механики, связанной с хорошо известным явлением резонанса при колебаниях. Возьмем, к примеру, звук, то есть колебания воздуха. Мы знаем, что воздух, находящийся внутри какого-либо полого предмета, обладает способностью слабо реагировать на приходящие извне звуковые волны, но если волны достигнут определенной частоты, называющейся частотой резонанса, воздух внутри полости тоже начнет совершать колебания, или "резонировать". Канал адронной реакции тоже можно уподобить такому резонирующему предмету, поскольку энергия столкновения адронов связана с частотой соответствующей вероятности волны. Когда эта энергия, или, что-то же самое, частота, достигает определенного значения, канал начинает "резонировать", колебания вероятностной волны внезапно усиливаются, что вызывает резкий скачок вероятности реакции. Большинство каналов реакции имеют несколько резонансных значений энергии, каждое из которых соответствует недолговечному адронному состоянию, реализующемуся при приближении энергии столкновения к резонансному значению. В контексте теории S-матрицы вопрос о том, являются ли резонансы "частицами", теряет свой смысл. Все частицы воспринимаются как промежуточные стадии в сети реакций, и тот факт, что продолжительность существования резонансов гораздо меньше, чем продолжительность существования других адронов, не имеет решающего значения. "Резонанс" — и в самом деле

очень удачное название. Оно относится одновременно и к событиям в канале реакции, и к адрону, образующемуся в процессе этих событий, обнаруживая, таким образом, неразрывную связь между частицами и реакциями. Резонанс — это частица, но не объект. Гораздо более уместно назвать его событием, процессом или чем-нибудь в этом роде.

Это описание адронов в физике вызывает в памяти уже цитировавшееся выше высказывание Д. Т. Судзуки: "Буддисты воспринимают объект как событие, а не как вещь или материальную субстанцию". То, что открылось буддистам благодаря мистическому интуитивному прозрению, было документально подтверждено экспериментами и математическими теориями современной науки.

Для того, чтобы описать все адроны как промежуточные состояния в сети реакций, мы должны иметь возможность охарактеризовать силы взаимодействия между ними. Последние принадлежат к числу сил, действующих при сильных взаимодействиях, и отражают, или "рассеивают" адроны, участвующие в столкновениях, уничтожая их или преобразуя в другие структуры, а также объединяя их в группы, служащие для последующего образования промежуточных связанных состояний. В теории S-матрицы, как и в теории поля, силы взаимодействий ассоциируются с частицами, однако понятие виртуальной частицы не используется. Вместо этого соотношения между силами и частицами основываются на особом свойстве S-матрицы, известном под названием "кроссинг". Рассмотрим его на примере следующего графика, изображающего взаимодействие между протоном и π^- (рис. 57).

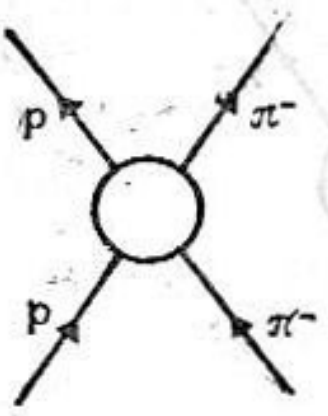


Рис. 57.

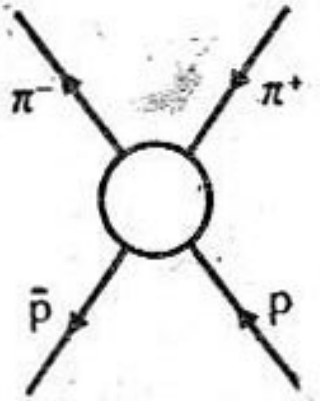


Рис. 58.

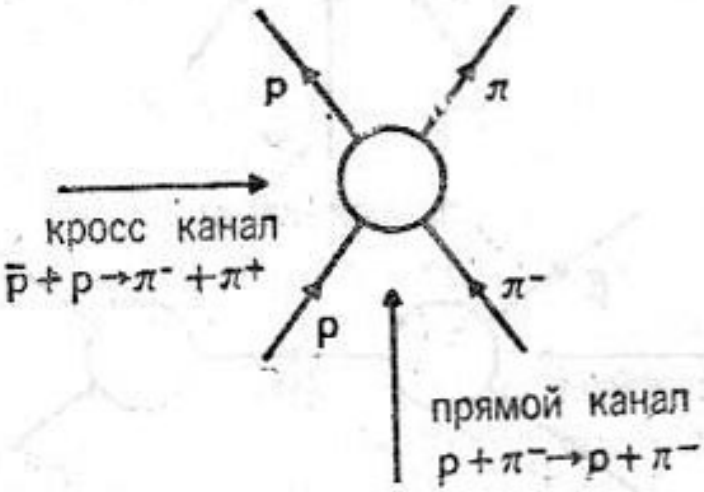


Рис. 59.

Если мы перевернем этот график на 90 градусов, придерживаясь принятого ранее допущения (глава 12), согласно которому стрелки, направленные вниз, означают античастицы, мы увидим на графике взаимодействие антипротона (-p) и протона (p), в результате которого образуется пара пионов, причем π^+ представляет собой античастицу для писходного взаимодействия (рис. 58).

Свойство "кроссинга", то есть пересечения, перекрестка, характерное для S-матрицы, в данном случае заключается в том, что оба эти процесса могут быть изображены при помощи одного и того же элемента S-матрицы (рис. 59), то есть

два наших графика соответствуют только различным аспектам, или "каналам", одной и той же реакции. (Мы можем продолжать вращать график, получая новые и новые варианты реакций, описываемые, тем не менее, при помощи все того же графика. Каждый элемент S-матрицы изображает шесть различных процессов, однако для нашего рассказа о силах взаимодействия достаточно упомянуть только о двух из них, которые названы выше). Для специалистов в области физики частиц переходы от одного канала к другому являются обычными, и вместо того, чтобы переворачивать график, они просто читают его снизу вверх или слева направо, говоря при этом о "прямом канале" или "кросс-канале". Таким образом, реакция в нашем примере будет прочитана как $p+\pi^- \rightarrow p+\pi^-$ в прямом канале, и как $-p+p \rightarrow \pi^-+\pi^+$ — в кросс-канале.

Связь между силами и частицами осуществляется при помощи промежуточных состояний двух каналов. В нашем случае в прямом канале протон и π^- могут образовать промежуточный нейтрон, а кросс-канал может состоять из промежуточного нейтрального пиона (π^0). Этот пион, промежуточное состояние кросс-канала, будет рассматриваться как воплощение сил, действие которых в прямом канале выражается в связывании протона и пив единое целое для образования нейтрона. Таким образом, для установления связи между силами и частицами нам необходимы оба канала: то, что в одном из них является силой, в его кросс-канале будет уже промежуточной частицей (рис. 60).

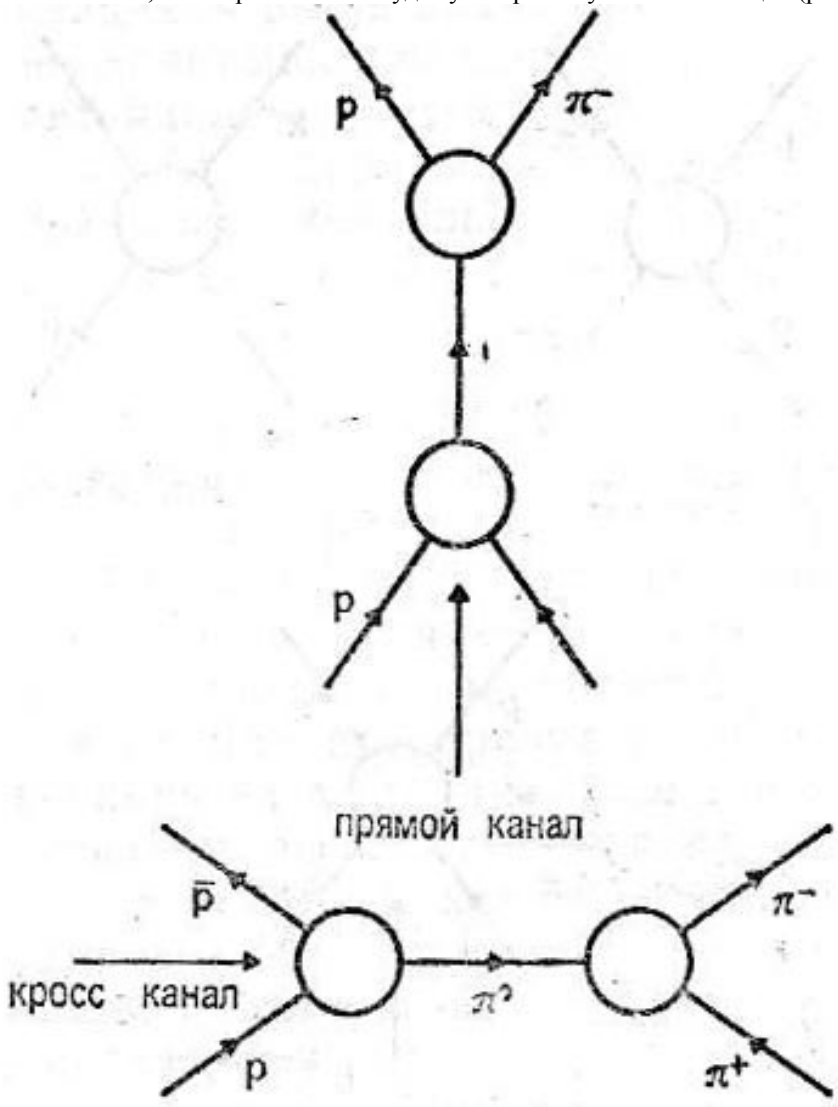


Рис. 60.

Хотя переключение с одного канала на другой не представляет больших трудностей математического порядка, получить четкое интуитивное ощущение того, что при этом происходит, очень сложно, если вообще возможно. Дело в том, что "кроссинг" представляет собой типично релятивистское явление, рассматривающееся в контексте четырехмерного формализма теории относительности и с трудом поддающееся визуализации. С похожим положением дел мы сталкиваемся в теории поля, где силы взаимодействия рассматриваются в виде обменов виртуальными частицами. И в самом деле, график, на котором изображен промежуточный пион в кросс — канале, чем-то напоминает графики Фейнмана, использующиеся для описания обменов виртуальными частицами (не следует, однако, забывать о том, что графики S-матрицы не являются пространственно-временными и имеют характер приблизительных, символических изображений реакции частиц, а также о том, что переключение от одного канала к другому происходит в абстрактном математическом пространстве). В этой связи можно условно говорить о том, что протон и π^- взаимодействуют посредством обмена π^0. Такие выражения нередко встречаются в речи физиков, однако они не вполне

точны. Более адекватное толкование происходящего требует обязательного использования абстрактных понятий прямого и кросс-каналов, которые практически невозможно представить себе зрительно.

Несмотря на различные математические подходы, общее понимание сил взаимодействия в теории S-матрицы мало отличается от теории поля. Согласно обеим теориям, силы проявляются в форме частиц, масса которых определяет радиус действия силы. Обе теории видят в силах имманентные свойства взаимодействующих частиц: в теории поля силы являются отражением структуры виртуальных облаков частиц, а в теории S-матрицы они порождаются связанными состояниями взаимодействующих частиц. Обоснованная нами параллель с восточным толкованием понятия силы, характерна, таким образом, для обеих этих теорий (см. главу 14). Из такого подхода к рассмотрению сил взаимодействия вытекает важный вывод о том, что все известные частицы должны иметь некую внутреннюю структуру, поскольку только в последнем случае они смогут вступать во взаимодействие с наблюдателем и быть замеченным им. По словам Джеффри Чу, одного из создателей теории S-матрицы.

> *"Воистину, элементарная частица — полностью лишенная внутренней структуры — не была бы подвержена действию каких-либо сил, которые могли бы помочь нам обнаружить ее существование. Уже из того самого факта, что нам известно о существовании частицы, следует сделать вывод о том, что эта частица обладает внутренней структурой!" [15,99].*

Особое преимущество математического языка теории S-матрицы заключается в том, что при его помощи можно описать "обмен" целой адронной семьей. Как говорилось в предыдущей главе, все адроны можно разделить на последовательности, для членов каждой из которых характерна полная идентичность всех свойств, за исключением массы и спина. Математическая формулировка, впервые предложенная Туллио Редже, позволяет рассматривать каждую из этих последовательностей в качестве множества возбужденных состояний одного и того же адрона. За последние годы ученым удалось объединить формулировку Редже с теорией S-матрицы, в которой ее стали очень успешно применять для описания адронных реакций. Введение в научный обиход этой формулировки является одним из наиболее важных усовершенствований теории S-матрицы, и может расцениваться как первый шаг к динамическому объяснению паттернов частиц.

Таким образом, теория S-матрицы позволяет физикам описывать строения адронов, силы взаимодействия между ними и некоторые из паттернов, которые они образуют, принципиально динамическим образом, так, что каждый адрон понимается как неотделимая часть неразрывной сети реакций. Основная задача, стоящая перед теорией S-матрицы, заключается в том, чтобы применить это динамическое описание для объяснения симметрий, порождающих адронные паттерны и законы сохранения, которым была посвящена предыдущая глава. В новой формулировке этой теории адронные симметрии должны отразиться на математической структуре S-матрицы таким образом, чтобы она содержала только те элементы, которые соответствуют реакциям, допустимым с точки зрения законов сохранения. Тогда эти законы утратили бы свой теперешний статус чисто эмпирических закономерностей и стали бы логическим следствием динамической природы адронов.

В настоящее время физики пытаются решить эту задачу при помощи постулирования нескольких общих принципов, которые ограничивают математические вероятности построения элементов S-матрицы, придавая последней, таким образом, более определенную структуру. До сих пор было постулировано три таких принципа. Первый из них является следствием из теории относительности и наших макроскопических представлений о времени и пространстве. Он гласит, что вероятности реакций (а следовательно, и элементы S-матрицы) не зависят от расположения экспериментального оборудования в пространстве и времени, его пространственной ориентации и состояния движения наблюдателя. Как говорилось в предыдущей главе, из факта независимости реакций частиц от изменений ориентации и местонахождения в пространстве и времени следует вывод о сохранении суммарного количества вращения, импульса и энергии, принимающих участие в реакции. Эти "симметрии" имеют колоссальное значение для нашей научной работы. Если бы результаты эксперимента менялись в зависимости от времени и места его проведения, наука в ее современном понимании попросту прекратила бы свое существование. Наконец, последнее утверждение относительно того, что результаты эксперимента не зависят от состояния движения наблюдателя, представляет собой сформулированный принцип относительности, лежащий в основе теории с аналогичным названием (см. главу 12).

Второй основополагающий принцип вытекает из квантовой теории. Согласно нему, исход той или иной реакции можно предсказать только в терминах вероятностей, то есть сумма вероятностей всех возможных исходов — включая тот случай, когда взаимодействия между частицами не происходят вообще — должна равняться единице. Другими словами, можно считать доказанным, что частицы либо взаимодействуют друг с другом, либо нет. Это казалось бы, тривиальное положение представляет собой очень важный принцип, получивший название "принципа унитарности", который тоже значительно ограничивает возможности построения элементов S-матрицы.

Наконец, третий и последний принцип имеет отношение к нашим представлениям о причине и следствии и называется принципом причинности. Согласно нему, энергия и импульсы могут совершать пространственные перемещения только при помощи частиц, и при подобных перемещениях частица может возникнуть во время одной реакции и исчезнуть во время другой при том условии, что последующая реакция происходит позже, чем предыдущая. Из математической формулировки принципа причинности следует, что S-матрица обнаруживает непосредственную зависимость от энергий и импульсов частиц, принимающих участие в реакции, за исключением величин, при которых

становится возможным возникновение новых частиц. При этих значениях математическая структура S-матрицы резко изменяется: она начинает характеризоваться явлением, которое математики называют особенностью. Каждый канал реакции содержит несколько таких особенностей, то есть несколько значений энергии и импульса, при которых могут образоваться новые частицы. Примером особенностей являются упоминавшиеся выше "резонансные энергии". Принцип причинности предполагает, что S-матрица имеет особенности, но не указывает их точного расположения. Значения энергии и импульса, при которых могут возникать новые частицы, варьируются в зависимости от масс и других характеристик образующихся частиц, а также в зависимости от канала реакции. Таким образом, локализация особенностей отражает свойства этих частиц, а поскольку во время реакций частиц могут возникать любые адроны, особенности S-матрицы заключают в себе информацию обо всех закономерностях классификации адронов и их симметриях. Поэтому главная цель теории S-матрицы заключается в том, чтобы свести структуру особенностей S-матрицы к общим принципам. До сих пор модели, которая могла бы удовлетворить требованиям всех трех принципов, создать не удалось; вообще, вполне возможно, что этих трех принципов вполне достаточно для исчерпывающего описания всех свойств S-матрицы, а значит, и всех свойств адронов. (Это предположение, получившее свою известность под названием гипотезы бутстрапа, будет более подробно рассматриваться в последней главе книги). Если дело обстоит именно так, то философские следствия такой теории будут иметь просто колоссальное значение. Каждый из трех принципов связан с нашими методами организации наблюдений и измерений окружающего мира, то есть с нашим научным подходом. Если структура адронов определяется только этими принципами и ничем иным, это значит, что основные структуры физического мира, в конечном счете, определяются только нашим взглядом на мир. Любое существенное изменение в наших методах наблюдения приведет к изменению основополагающих принципов, что повлечет за собой изменение структуры S-матрицы, а значит, и структуры адронов.

Такая теория субатомных частиц отражает принципиальную невозможность отделения наблюдателя от наблюдаемого им мира, о чем мы уже упоминали в связи с квантовой теорией. Из нее следует, что все структуры и явления, наблюдаемые нами в окружающем мире, представляют собой не что иное, как порождения нашего измеряющего и классифицирующего сознания. К аналогичному утверждению сводится одно из важнейших положений восточной философии. Восточные мистики не устают повторять, что воспринимаемые нами вещи и события суть порождения сознания, берущие начало в одном из его состояний и исчезающие при преодолении этого состояния. Индуизм утверждает, что все формы и структуры вокруг нас порождаются сознанием, скованным чарами майи, и рассматривает нашу склонность придавать им большое значение в качестве проявления одной из основных иллюзий, присущих человеку. Буддисты называют эту иллюзию "авидья", то есть "невежество", и видят в ней состояние "загрязнения" сознания. Как говорит Ашвагхоша,

> *"Если не признавать единство всеобщности вещей, возникает невежество, а также партикуляризирующая склонность обращать внимание на частности, и вследствие этого развиваются все стадии загрязненного сознания... Все явления в этом мире представляют собой не что иное, как иллюзорные отражения сознания, и не имеют собственной реальности" [2, 79, 86].*

К этой теме часто возвращаются и представители буддийской школы йогачаров, которые считают, что все воспринимаемые нами формы суть "только сознание", проекции или "тени" разума:

> *"В нашем сознании берут начало бесчисленные вещи, обусловленные разграничением... Эти вещи люди воспринимают как внешний мир... То, что кажется внешним, не существует в действительности: то, в чем мы видим множественность, на самом деле — не что иное, как сознание; тело, имущество и все упоминавшееся выше — все это, говорю я, одно лишь сознание" [75,242].*

В физике частиц построение модели, выводящей все свойства адронов из основополагающих принципов теории S-матрицы, представляет собой сложнейшую задачу, и до сих пор в этом направлении удалось сделать лишь несколько маленьких шагов. Тем не менее, мы должны считаться с возможностью того, что когда-нибудь все свойства субатомных частиц будут восприниматься как следствия этих принципов, а значит, как часть нашего научного мировоззрения. Предположение относительно того, что именно этому обстоятельству предстоит в дальнейшем стать фундаментальным положением физики частиц, неизбежно должно будет отразиться на более частных теориях электромагнитных, слабых и гравитационных взаимодействий, и это не может не казаться нам в высшей степени удивительным и парадоксальным. Если данное предположение будет обосновано и доказано, современная физика придет к тем же выводам, что и восточные мудрецы, и признает, что все структуры физического мира — не что иное, как майя, или "одно лишь" сознание.

Теория S-матрицы обнаруживает большое сходство с восточной философией не только в своих конечных выводах, но и в общем подходе к рассмотрению вещества. Она описывает мир субатомных частиц как сеть взаимосвязанных событий и уделяет основное внимание не фундаментальным структурам или единицам, а изменениям и преобразованиям. На Востоке такой подчеркнутый интерес к изменениям и превращениям характерен прежде всего для буддийской философии, которая рассматривает все вещи как нечто динамическое, непостоянное и иллюзорное. Так, С. Радхакришнан пишет:

> *"Почему мы размышляем о вещах, а не о процессах в этом абсолютном, ничем не связанном потоке? Потому что мы закрываем глаза на последовательные, перетекающие друг в друга события. Благодаря*

искусственности подхода мы расчленяем поток изменений на отдельные фрагменты и называем последние вещами... Если мы хотим познать истинную сущность вещей, мы должны осознать всю абсурдность нашего подхода, при котором отдельным продуктам непрерывного процесса уделяется такое внимание, как если бы они были чем-то вечным и действительно существующим. Жизнь — это не вещь и не состояние вещи, а непрерывное движение, или изменение" [62, 369].

И современный физик, и восточный мистик приходят к выводу о том, что все явления в этом мире перемен и преобразований динамически связаны между собой. Индуисты и буддисты придают этой взаимосвязи характер космического закона, закона КАРМЫ, но, как правило, не соотносят ее с какими-либо конкретными структурами во всеобщей сети событий. Китайская философия, которая тоже уделяет большое внимание движению и изменениям, характеризуется иным подходом. Она разрабатывала понятие динамических паттернов, которые постоянно образуются и вновь разрушаются, возвращаясь к космическому течению Дао. В "И цзин", или "Книге Перемен", эти паттерны объединены в систему архетипических символов, или так называемых гексаграмм.

Основной принцип построения этих паттернов в "И цзин" (см. главу 7) — чередование противоположных начал, ИНЬ и ЯН. ЯН изображается при помощи сплошной линии (—), а ИНЬ — при помощи разорванной (- -), и вся система гексаграмм состоит из естественного чередования этих двух типов линий. Расположив их попарно, мы получим четыре комбинации. Добавив третью линию, мы получим восемь триграмм:

Рис. 61.

Рис. 62.

В древнем Китае триграммы рассматривались в качестве символических изображений различных ситуаций, имеющих место в космосе и жизни людей. Они получили названия, отражающие их основные характеристики: "Созидание", "Самоотдача", "Энтузиазм" и так далее. Каждая триграмма соотносилась с различными образами из мира природы и общественной жизни. Они, к примеру, могли обозначать небо, землю, гром, воду и т. д., а также семью, состоящую из отца, матери, трех сыновей и трех дочерей. Помимо этого, триграммы соотносились с основными направлениями, или сторонами света, и временами года, располагаясь при этом следующим образом: (см. рис. 63).

При таком расположении восьми триграмм они следуют друг за другом по окружности в том "естественном порядке", в котором они были начертаны. Первая из них помещается вверху, где, по представлениям китайцев, находится юг, первые четыре триграммы расположены в левой части круга, а последние четыре — в его правой части. Такое расположение характеризуется замечательной симметричностью, и триграммы, находящиеся друг против друга, имеют чередующийся порядок черт ИНЬ и ЯН.

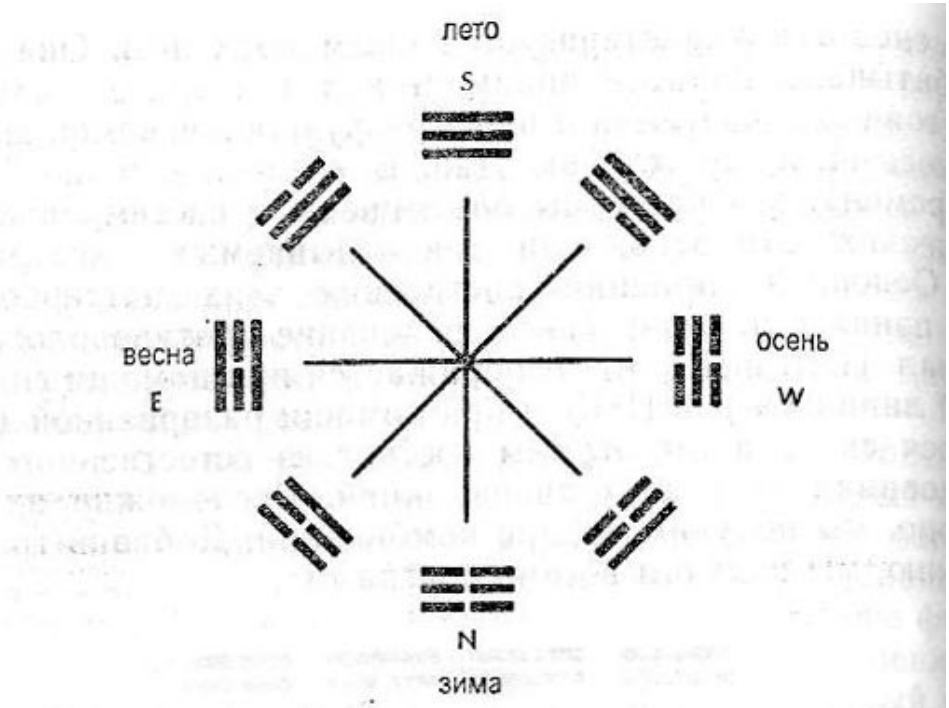


Рис. 63.

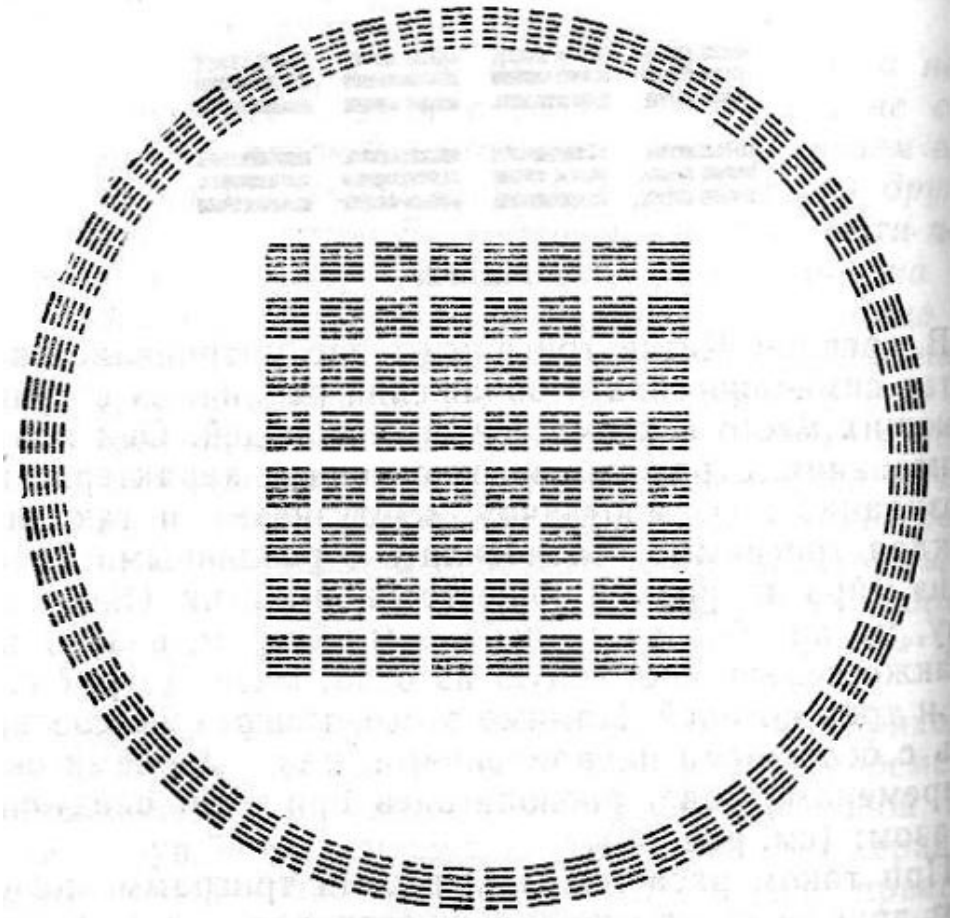


Рис. 64. Два стандартных расположения 64 гексограмм

Для того, чтобы количество возможных комбинаций возросло, китайцы стали объединять триграммы в сочетания по две в каждом, размещая их друг над другом. Таким образом они получили шестьдесят четыре гексаграммы, каждая из которых состоит из шести линий — сплошных или разорванных. Гексаграммы могут быть сгруппированы в ряд правильных узоров; два варианта изображены в нашей книге на рисунке 64. Это квадрат, каждая сторона которого

состоит из восьми гексаграмм, и круг, составленный из шестидесяти четырех комбинаций шести линий и обнаруживающий те же признаки полной симметричности, что и круг из восьми триграмм.

Шестьдесят четыре гексаграммы — это космические архетипы, на которых основывается использование "И цзин" в качестве гадательной книги. Для истолкования той или иной гексаграммы нужно знать значение входящих в нее триграмм. Так, если триграмма "Возбуждение" находится над триграммой "Самоотдача", итоговая гексаграмма истолковывается как движение, встречающееся с привязанностью и порождающее вольность. Отсюда и название этой гексаграммы — "Энтузиазм" (см. рис. 65).

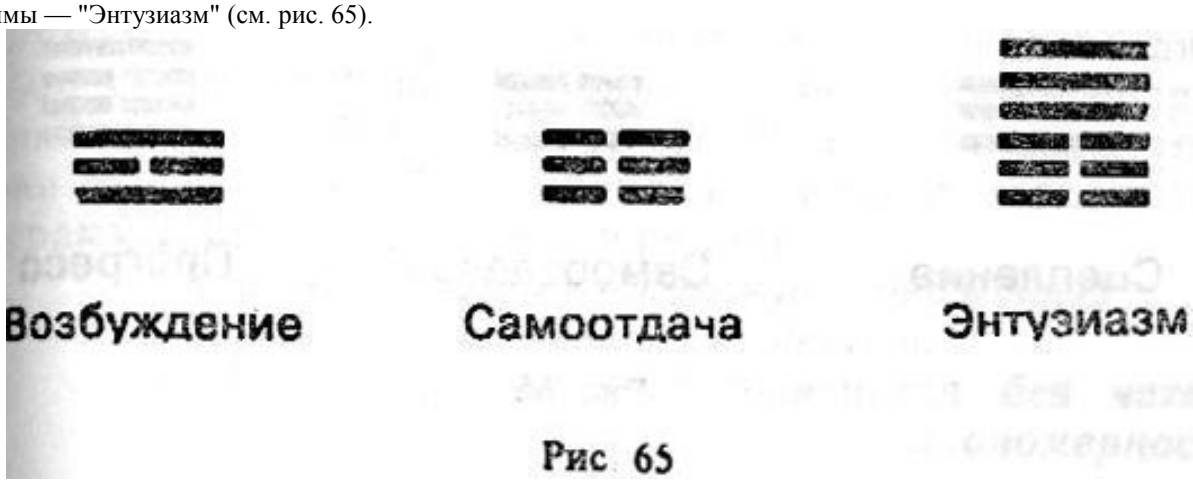


Рис 65

Приведем еще один пример, на этот раз с триграммами "Сцепление" и "Самоотдача", сочетание которых интерпретируется как Солнце, поднимающееся над землей, то есть как символ быстрого, ничем не остановленного прогресса, и поэтому носит название "Прогресс" (см. рис. 66).

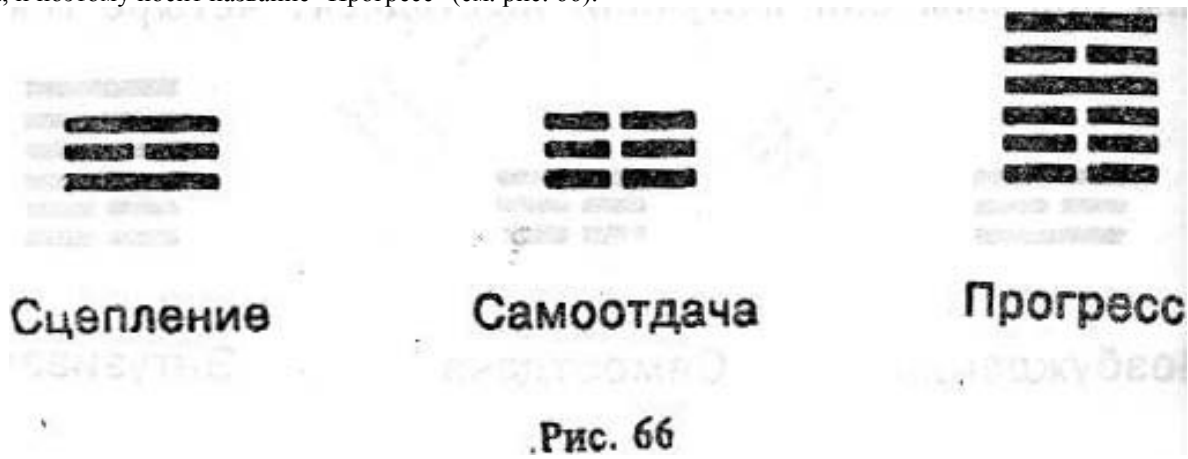


Рис. 66

В "И цзин" триграммы и гексаграммы представляют те паттерны Дао, которые порождаются динамическим чередованием ИНЬ и ЯН в различных ситуациях, как в космосе, так и в жизни людей. Эти ситуации бесконечного протекания и видоизменения. Все вещи в этом мире подвержены изменчивости и текучести. То же самое характерно и для их символических изображений — триграмм и гексаграмм. Последние постоянно пребывают в состоянии преобразования и становления: одна фигура перетекает в другую, сплошные линии прогибаются и разрываются пополам, а два фрагмента разорванной линии стремятся сблизиться и срастись друг с другом. "И цзин", с ее учением о динамических паттернах, порождаемых изменениями и преобразованиями, представляет собой наиболее близкую аналогию восточного мышления и теории S-матрицы. Обе эти системы взглядов уделяют первоочередное внимание процессам, а не объектам. В теории S-матрицы в качестве процессов выступают реакции частиц, лежащие в основе всех явлений мира адронов. В "И цзин" процессы носят название "перемен" и рассматриваются в качестве понятия, необходимого для описания и объяснения всех явлений природы:

> *"Перемены — это то, что позволило святым мудрецам проникнуть во все глубины и овладеть семенами всех вещей" [86, 315].*

Перемены — это не фундаментальный закон, которому должны подчиняться все явления физического мира, а скорее, — если говорить словами Гельмута Вильгельма — "внутренняя тенденция, согласно которой, всякое развитие происходит естественным и спонтанным образом" [85, 19]. То же самое можно сказать и о "переменах", свойственных миру частиц. Эти перемены тоже являются воплощением внутренне присущих частицам тенденций, выражающихся в теории S-матрицы в терминах вероятностных характеристик реакций.

Изменения в мире адронов порождают структуры и симметричные паттерны, которые могут быть символически изображены в виде каналов реакций. Физика не склонна придавать фундаментальное значение ни этим структурам, ни их симметрии, воспринимая их как логическое следствие динамической природы частиц из их тенденции к преобразованиям и изменениям.

В "И цзин" мы тоже имеем дело с порождениями перемен — особыми структурами, триграммами и гексаграммами, которые, как и каналы частиц, представляют собой символические изображения возможных направлений перемен. Если каналы реакции наполнены течением энергии, то между линий, из которых состоят гексаграммы, струится поток "перемен":

"Изменение, безостановочное движение,
Текущее по шести пустым местам,
Поднимающееся и опускающееся без четкой закономерности,
...
Действуют здесь лишь перемены" [86, 348].

Согласно представлениям китайцев, все вещи и явления вокруг нас возникают благодаря этим моделям осуществления перемен и отражаются в них при помощи выбора различных сочетаний линий внутри триграмм и гексаграмм. Таким образом, предметы физического мира рассматриваются не как статические, абсолютно независимые друг от друга объекты, а как сменяющие друг друга этапы единого космического процесса, или Дао:

"Дао имеет перемены и движения. Поэтому эти линии называются изменяющимися линиями. Линии имеют градации: поэтому они представляют вещи" [86,352].

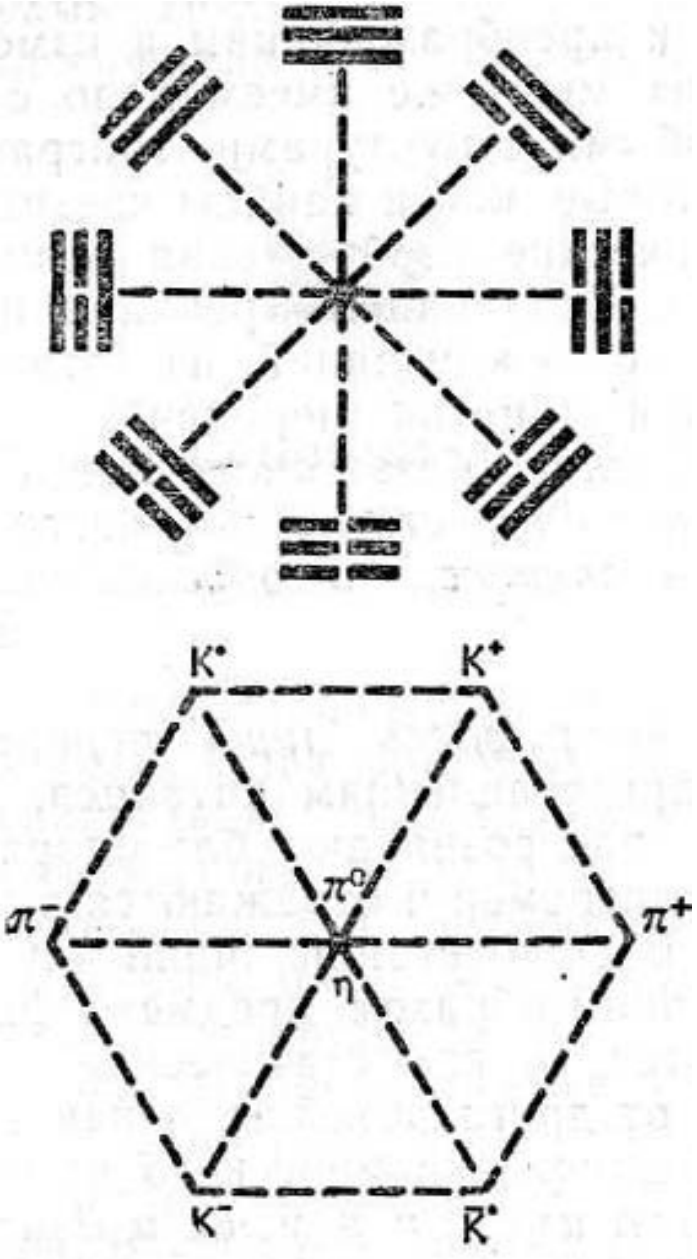


Рис. 67.

Как и в мире частиц, мы найдем здесь возможность объединить структуры, порожденные переменами, в различные симметричные паттерны, как, например, в восьмиугольник из восьми триграмм, в котором противоположные

триграммы характеризуются чередующимся расположением черт ИНЬ и ЯН. Интересно, что этот паттерн чем-то напоминает мезонный октет, о котором рассказывалось в предыдущей главе, противоположные позиции внутри которого занимают частицы и соответствующие им античастицы. Однако наибольший интерес для нас представляет не это более или менее случайное совпадение, а тот факт, что и современная физика, и древняя китайская философия сходятся в том, что перемены и преобразования представляют собой ПЕРВИЧНЫЙ аспект природы, а структуры и симметрии, порожденные переменами, рассматривают как нечто вторичное. Рихард Вильгельм считает, что эта идея воплощает в себе основное содержание "Книги Перемен". Обратимся к предисловию Р.Вильгельма к выполненному им переводу "И цзин":

> *"Считалось, что восемь триграмм... пребывают в состоянии непрестанного видоизменения; одна преобразуется в другую подобно тому, как в физическом мире мы имеем дело с постоянными преобразованиями одних явлений в другие. В данном случае перед нами фундаментальная концепция "Книги Перемен". Восемь триграмм — это символы, олицетворяющие изменяющиеся, преходящие состояния; образы, которые постоянно подвергаются изменениям. Главное внимание уделяется не вещам в их состоянии существования — что типично для Запада, — а движениям вещей при изменении. Поэтому восемь триграмм представляют собой не изображения вещей как таковых, а изображения их тенденций к движению" [86, 1].*

Современная физика выработала аналогичный подход по отношению к "вещам" субатомного мира, рассматривая частицы как преходящие образы непрекращающегося космического процесса и перенося центр тяжести на понятия движения, перемен и преобразований.

Глава 18.
ВЗАИМОПРОНИКНОВЕНИЕ

До сих пор наше изучение мировоззрения, предлагаемого современной физикой, неоднократно давало нам возможность убедиться в том, что представления об элементарных "строительных кирпичиках" материи являются безнадежно устаревшими. В прошлом эти представления были подходящей основой для описания физического мира в терминах некоторого количества атомов, описания строения атомов в терминах некоторого количества ядер, окруженных электронами, и наконец, строения ядра в терминах двух ядерных "строительных кирпичиков", протона и нейтрона. Поэтому атомы, ядра и адроны считались в свое время элементарными частицами. Однако ни одна из этих частиц не оправдала возлагавшихся на нее надежд. Частицы всякий раз обнаруживали признаки наличия внутренней структуры, и физикам оставалось только надеяться на то, что уж следующее-то поколение ученых обязательно доберется до последнего звена в этой цепочке составных частей вещества.

С другой стороны, теории атомной и субатомной физики сделали существование элементарных частиц практически невозможным. Они выявили принципиальную взаимосвязанность различных аспектов существования материи, обнаружив, что энергия движения может переходить в массу, и предположив, что частицы представляют собой скорее процессы, чем объекты. Все эти открытия обусловили необходимость отказа от старой, механистической концепции элементарных строительных кирпичиков, и все же некоторые физики сохраняют верность прежним идеалам и по сей день. Появившаяся в прошлом веке привычка объяснять строение сложных структур посредством разбивки их на более мелкие составные части настолько сильно укоренилась в западном мышлении, что поиск элементарных составляющих материи продолжается до сих пор.

Несмотря на это, в физике частиц представлено и другое, совершенно противоположное направление, исходящее из той посылки, что строение мироздания не может сводиться к каким-либо фундаментальным, элементарным, конечным единицам — таким, как, скажем, элементарные частицы или фундаментальные поля. По мнению представителей этого направления физики частиц, природу следует воспринимать в ее самосогласованности, не оставляя без внимания тот факт, что со-. ставные части материи обнаруживают согласованность друг с другом и с самими собой. Эта идея возникла в русле теории S-матрицы, а в дальнейшем легла в основу так называемой "гипотезы бутстрапа". Крестный отец и основной защитник этой гипотезы, Джеффри Чу, использовал ее для построения целой общефилософской системы бутстрапа, а также (в соавторстве с другими физиками) для того, чтобы сформулировать частную теорию частиц на языке S-матрицы. Чу посвятил описанию гипотезы бутстрапа несколько статей, которые легли в основу последующего изложения его взглядов [113-16].

Философия бутстрапа окончательно отвергла механистическое мировоззрение современной физики. Вселенная Ньютона состояла из ряда основных сущностей, обладавших фундаментальными свойствами, которые были сотворены Богом, и по этой причине не нуждались в дальнейшем объяснении и анализе. В той или иной степени эта посылка скрыто присутствовала во всех естественно-научных теориях до тех пор, пока гипотеза бутстрапа во всеуслышание не заявила о том, что мир не может более восприниматься как скопление сущностей, не подлежащих дальнейшему анализу. В контексте нового подхода Вселенная рассматривается в качестве сети взаимосвязанных событий. Ни одно из свойств того или иного участка этой сети не имеет фундаментального характера; все они обусловлены свойствами остальных участков сети, общая структура которой определяется универсальной согласованностью всех взаимосвязей.

Таким образом, философия бутстрапа представляет собой кульминационное проявление того способа мировосприятия, который в свое время лег в основу квантовой теории, постулировавшей всеобщую сущностную взаимосвязанность всех явлений, приобрел свое динамическое содержание в теории относительности и был сформулирован в терминах вероятностей реакций в теории S-матрицы. При этом мировосприятие современной физики обнаруживает столько общих черт с восточной философией, что эти два направления человеческой мысли перестают противоречить друг другу как в общих вопросах философского характера, так и в частных вопросах строения материи.

Гипотеза бутстрапа не только отрицает существование фундаментальных составляющих материи, но и вообще отказывается от использования представлений о каких-либо фундаментальных сущностях — законах, уравнениях и принципах, — а значит, и от той идеи, которая на протяжении столетий была неотъемлемой частью естествознания. Представления о фундаментальных законах природы опирались на веру в божественные законы, которая была в высшей степени характерна для иудейско-христианской традиции. По словам Фомы Аквинского,

> *"Существует некий вечный закон, а именно рассудок, существующий внутри сознания Бога и управляющий всей Вселенной" [60, 538].*

Представления о вечном божественном законе оказали колоссальное влияние на западную философию и науку. Так, Декарт писал о "законах, которые Бог вложил в природу", а Ньютон полагал высшей целью своей научной работы сбор доказательств существования "законов, предписанных природе Богом". На протяжении трех столетий после Ньютона исследователи видели свое предназначение в выявлении и описании высших фундаментальных законов природы.

Для современной физики характерен совершенно иной подход. Ученые осознали, что все их теории, описывающие явления природы, включая и описание "законов", представляют собой продукт человеческого сознания, следствия

понятийного структурирования нашей картины мира, а не свойства самой реальности. Новое мировосприятие, как и все научные теории и постулированные в них "законы природы", характеризуется ограниченностью и приблизительностью. В конечном итоге, все явления оказываются связанными друг с другом, и поэтому для объяснения одного из них нам нужно понимать сущность всех остальных явлений, что, в силу известных причин, не представляется возможным. Если нас удовлетворяет ограниченное "понимание" природы, мы можем удовольствоваться описанием только небольшой группы явлений, не обращая внимания на те явления, которые не относятся к последней. Благодаря этому нам удается описать большое количество явлений в терминах нескольких, основных из них, то есть достигнуть ограниченного понимания отдельных аспектов мироздания, избежав необходимости постигать все. В этом и заключается принципиальная особенность научного метода: все научные модели и теории представляют собой лишь приближения к истинному положению дел, но степень ошибочности при таком приближении достаточно мала, чтобы такой подход был оправданным. Скажем, в физике частиц принято не обращать внимания на силы гравитационного взаимодействия между частицами, так как они на много порядков слабее, чем силы других типов взаимодействий. Хотя ошибочность представлений, вызванная этим произвольным допущением, чрезвычайно мала, нет никакого сомнения, что рано или поздно гравитационные взаимодействия тоже должны будут учитываться при создании более точных и адекватных теорий частиц.

Таким образом, физики занимаются тем, что последовательно разрабатывают отдельные частные и приблизительные теории, каждая из которых является более точной, чем предыдущая. Тем не менее, ни одна из этих теорий не может претендовать на роль истины в последней инстанции. Подобно теориям, все постулированные в них "законы природы" не являются абсолютными и будут со временем заменены более точными формулировками. Неокончательность теорий проявляется обычно в использовании так называемых "фундаментальных констант", то есть величин, значения которых не выводятся из соответствующей теории, а определяются эмпирически. Квантовая теория ничего не сообщает о причинах того, почему электрон обладает именно такой массой, теория поля не может объяснить величину электрического заряда электрона, а теория относительности-величину скорости света. В классическом мировоззрении эти величины носят характер фундаментальных констант мироздания, не нуждающихся в дальнейшем рассмотрении и объяснении. В современном мировосприятии константам отводится куда как менее значительная роль временных, условных закономерностей, отражающих ограниченность современных научных теорий. Согласно философии бутстрапа, со временем все они получат свое объяснение — после того, как эта ограниченность будет преодолена. Таким образом, эту идеальную ситуацию можно лишь постоянно приближать, но она никогда не будет достигнута; ситуацию, когда теория не будет содержать никаких необъясненных "фундаментальных" постоянных и когда все ее "законы" будут следовать из требования общей самосогласованности.

Важно понимать, что даже такая идеальная теория неизбежно будет содержать некоторое количество необъяснимых утверждений, причем не обязательно в форме констант. До тех пор, пока теория остается научной, она использует ряд не поддающихся более точному определению понятий, из которых состоит язык науки. При дальнейшем развитии положений гипотезы бутстрапа мы оказываемся за пределами науки как таковой:

> *"В широком смысле идея бутстрапа, несмотря на всю свою новизну и уместность, не является научной... Наука, как мы ее себе представляем, не может отказаться от своего языка, опирающегося на некий, не требующий объяснения понятийный каркас. Поэтому, с семантической точки зрения, попытка объяснения ВСЕХ понятий вряд ли может быть признана "научной" [13,762].*

Очевидно, что последовательный "бутстрап — подход" к рассмотрению явлений природы, при котором все явления получают характеристику при помощи указания на их взаимосвязь друг с другом, довольно близок к восточному мировоззрению. Неделимая Вселенная, внутри которой все вещи и явления неразрывно связаны друг с другом, вряд ли имела бы смысл, если бы она не обнаруживала внутренней последовательности и взаимосогласованности частей целого. В определенном смысле, требование внутренней согласованности, лежащее в основе гипотезы бутстрапа, и принцип единства и взаимосвязанности всего сущего, которому придается такое большое значение в восточных мистических учениях, представляют собой только два различных аспекта одной и той же идеи. Их связь становится особенно очевидной после знакомства с учением даосизма. Даосские мудрецы считали, что все явления, происходящие в мире, представляют собой часть космического Пути, или Дао, а те законы, которым подчиняется течение Дао, не были заложены в природу каким-то божественным законодателем, но изначально и имманентно присутствуют в ней. Так, в "Дао-дэ цзин" мы читаем:

> *"Человек следует законам Земли;*
> *Земля следует законам небес;*
> *Небеса следуют законам Дао;*
> *Дао следует законам своей внутренней природы" [48, гл. 25].*

Джозеф Нидэм в своем подробном исследовании, посвященном истории китайской науки и цивилизации, отводит не последнее место рассмотрению того факта, что западные представления о фундаментальных законах природы, созданных божественным творцом, не имеют соответствия в китайской философии. "Согласно китайскому мировоззрению, — пишет Нидэм, — гармоническое сотрудничество всех существ возникло не вследствие указаний некоей высшей инстанции, расположенной вовне по отношению к ним, а вследствие того факта, что все они были

составными частями иерархии цельностей, лежащей в основе космического порядка, и следовали внутренним побуждениям своей собственной природы" [60,582].

По Нидэму, в китайском языке даже нет слова, соответствующего традиционному западному понятию "закон природы". Ближе всего по смыслу подходит слово "ЛИ", значение которого философ-неоконфуцианец Чжу Си объясняет как "веноподобные паттерны, включенные в Дао [60, 484]". Нидэм переводит "ЛИ" как "принцип организации", сопровождая свой перевод следующими пояснениями:

> *"В своем наиболее древнем значении оно обозначало внутренний паттерн вещей, прожилки в яшме, мышечные волокна... Затем оно приобрело обычное словарное значение "принцип", сохранив, тем не менее, отголоски старого значения "паттерн"... Составной частью его значения является понятие "закон", однако этот закон представляет собой закон в особом понимании, которому отдельные части цельностей должны подчиняться уже потому, что они являются частями цельностей... Важнейшее свойство всех частей — то, что они должны с точностью занимать свое место в соединении с другими частями, составляя, таким образом, единый организм" [60,558,567].*

Несложно догадаться, почему такое мировоззрение натолкнуло китайских философов на мысль, аналогичную той, которая в современной физике возникла совсем недавно. Эта мысль заключается в том, что содержанием всех законов природы является самосогласованность и внутренняя последовательность. Эта идея достаточно ясно изложена в следующем отрывке из сочинения Чэнь Шуня — ученика Чжу Си, жившего на рубеже двенадцатого и тринадцатого веков нашей эры. Это описание можно применить и к понятию самосогласованности, использующемуся в философии бутстрапа:

> *"ЛИ — это естественный и неизбежный закон поступков и вещей... Выражение "естественный и неизбежный" означает, что (человеческие) поступки и (природные) объекты созданы именно для того, чтобы соответствовать каждый своему месту. Слово "закон" означает, что это соответствие своему месту осуществляется без малейшей избыточности и недостаточности... Древние, полностью постигшие суть вещей и занимавшиеся поисками ЛИ, стремились пролить свет на естественную неизбежность (человеческих) поступков и (природных) объектов, и это просто означает, что предметом их поисков были те конкретные места для всех вещей, которым последние наиболее соответствуют. И ничего больше" [60, 566].*

Таким образом, согласно восточным представлениям, как, впрочем, и согласно положениям современной физики, все находящееся в этом мире связано со всем остальным, и ни одна часть Вселенной не является более фундаментальной, чем другая. Свойства одной из частей определяются не неким фундаментальным законом, а свойствами всех остальных частей. Как физики, так и мистики признают вытекающую из этого невозможность дать полное, исчерпывающее объяснение каждому явлению, но на основании этой посылки они делают разные выводы. Физики, как уже говорилось выше, довольствуются приблизительным пониманием природы. Восточных мистиков такое приблизительное понимание не привлекает вовсе, они стремятся к "абсолютному" знанию, сводящемуся к постижению жизни в ее целостности. Сознавая принципиальную взаимосвязанность отдельных частей Вселенной, они считают, что объяснение чего-либо, в конечном счете, равносильно описанию связей этой части со всем остальным миром. Так как это невозможно, восточные мистики полагают, что ни одно явление, взятое само по себе, отдельно от других, не может быть объяснено. Так, Ашвагхоша утверждает:

> *"Все вещи по своей фундаментальной природе не могут быть названы или объяснены. Они не могут получить адекватное выражение при помощи форм языка" [2, 56].*

По этой причине восточные мудрецы, как правило, проявляют интерес не к объяснению вещей, а к непосредственному, нерассудочному восприятию единства всех вещей. Такой подход использовал Будда, отвечающий на все вопросы о смысле жизни, происхождении мира и о сущности НИРВАНЫ "благородным молчанием". Кажущиеся бессмысленными ответы дзэнских наставников на просьбы объяснить что-либо служат той же цели — показать ученику, что каждая вещь представляет собой следствие, вытекающее из всего остального мира; что "объяснить" природу — значит просто продемонстрировать ее единство и что, в конечном счете, объяснять нечего. Когда какой-то монах задал Тодзану, взвешивавшему лен, вопрос: "Что есть Будда?", — Тодзан сказал: "Этот лен весит три фунта"; когда Дзесю спросили о том, зачем Бодхидхарма приехал в Китай, наставник ответил: "В саду дуб" [63, 104-119].

Одна из основных задач восточного мистицизма — освобождение человеческого сознания от слов и объяснений. Как буддисты, так и даосы употребляют выражение "сеть слов", или "сеть понятий", распространяя, таким образом, область применения образа неразрывной сети на деятельность человеческого мышления. До тех пор, пока мы стремимся объяснять что-то, мы остаемся связанными узами КАРМЫ, запутываемся в своей собственной понятийной сети. Отказаться от слов и объяснений — значит разорвать узы КАРМЫ и обрести освобождение.

Мировоззрение восточных мистиков и философии бутстрапа в современной физике объединяется не только подчеркнутым вниманием к взаимосвязанности и самосогласованности всех явлений, но и отрицанием фундаментальных составных частей материи. Во Вселенной, представляющей собой неделимое целое, все воплощения

которого текучи и изменчивы, нет места для одной устойчивой фундаментальной сущности. Поэтому восточная философия практически не знакома с представлениями о "строительных кирпичиках", из которых состоит материя. Атомистические теории строения материи никогда не пользовались особым успехом в китайской философии, и, несмотря на тот факт, что в нескольких индийских философских школах атомистические идеи получили некоторое развитие, в целом они все же занимают в учении индийской философии достаточно периферийное место. В индуизме понятие атома играет важную роль в системе джайнизма, которая не считается ортодоксальной, поскольку ее последователи не признают безоговорочный авторитет Вед. В буддийской философии атомистические теории появлялись в двух школах Хинаяны, однако более влиятельная, махаянистическая ветвь буддизма, всегда рассматривает атомы как иллюзорное порождение АВИДЬИ. Так, Ашвагхоша заявляет:

> *"Занимаясь разделением какой-либо плотной (или составной) материи на составные части, мы можем свести ее к атомам. Тем не менее, поскольку атом тоже может быть подвержен дальнейшему делению, все формы материального существования, независимо от своих размеров, представляют собой не что иное, как тени, отбрасываемые партикуляризацией, и не имеют никакой (абсолютной или независимой) реальности, с которой их можно было бы соотнести" [2, 104].*

Таким образом, основные школы восточной философии сходятся с философией бутстрапа в том, что Вселенная представляет собой неразрывное целое, части которого переплетаются и сливаются друг с другом, и ни одна из них не является более фундаментальной, чем другие, так, что свойства одной части определяются свойствами всех остальных частей. В этом смысле можно говорить о том, что каждая часть мироздания "содержит" в себе все остальные части, и осознание всеобщей слитности и нераздельности мироздания представляет собой одну из важнейших характеристик мистического мировосприятия. По словам Шри Ауробиндо,

> *"Ничто в супраментальном смысле в действительности не является конечным; это основано на чувстве всего в каждом, и каждого — во всем" [3,989].*

Представления о "наличии всего в каждом и каждого во всем" получили наибольшее развитие в учении махаянистической школы Аватамсака, которое нередко признается вершиной развития буддийской философии. Основной источник учения этой школы — "Аватамсакасутра", относительно которой традиция утверждает, что ее текст был произнесен Буддой, когда он находился в состоянии глубокой медитации после Пробуждения. Эта довольно большая сутра, до сих пор не переведенная полностью ни на один из европейских языков, подробно описывает то мировосприятие, которое свойственно для просветленного сознания, когда "незыблемые границы индивидуальности начинают таять, и над нами перестает довлеть ощущение конечности". Последняя часть сутры, "Гандавьюха", содержит рассказ о молодом паломнике по имени Судхана и описание его мистического мировоззрения. Судхана видит во Вселенной совершенную сеть взаимоотношений, в которой все вещи и события взаимодействуют друг с другом таким образом, что каждая и каждое из них содержит в себе все остальные. В данном отрывке из этой сутры, приведенном в переводе Д. Т. Судзуки, для передачи сущности мировосприятия Судхана использован образ богато украшенной башни:

> *"Башня широка и просторна, словно само небо. Пол в ней вымощен [бесчисленными] драгоценными камнями всех видов, а внутри Башни находится (великое множество) дворцов, портиков, окон, лестниц, оград и переходов, которые все до одного изготовлены из драгоценных камней семи разновидностей... Внутри этой Башни, обширной и изысканно украшенной, расположены сотни тысяч... башен, каждая из которых украшена настолько же искусно, как и главная Башня, и обширна, словно небо. Все эти башни, которым нет числа, отнюдь не стоят на пути друг у друга: самостоятельное существование каждой башни пребывает в гармонии с существованием других; ничто не мешает одной башне сливаться с другими — попарно и всем одновременно; здесь мы имеем дело с состоянием полного переплетения и, в то же время, полной упорядоченности. Молодой паломник Судхана видит самого себя во всех башнях, а также и в каждой из них по отдельности, причем все башни содержатся в одной, и каждая башня вмещает в себя все остальные" [73,183].*

Вне всякого сомнения, под Башней в этом отрывке подразумевается вся Вселенная. Полное взаимопереплетение составных частей Вселенной известно в буддизме Махаяны под названием "взаимопроникновение", "Аватамсака" не оставляет никаких сомнений относительно того, что такое взаимопроникновение представляет собой в высшей степени динамическое взаимодействие, которое имеет место не только в пространстве, но и во времени. Как говорилось выше, для пространства и времени характерно взаимопроникновение.

Ощущение взаимопроникновения в состоянии просветления может рассматриваться в качестве мистического видения абсолютной "бутстрап-ситуации", в которой все явления, происходящие во Вселенной, обнаруживают признаки гармонического единства. Такое состояние сознания уносит нас за пределы области рассудочного мышления, и мы видим, что все причинные обоснования бессмысленны, и место последних занимает непосредственное восприятие взаимозависимости всех вещей и событий. Таким образом, буддийская концепция взаимопроникновения оказывается более далеко идущей, чем любая научная теория, использующая положения философии бутстрапа. Тем не менее, современная физика располагает рядом моделей субатомных частиц, которые обнаруживают в высшей степени очевидное сходство с положениями буддизма Махаяны.

Если сформулировать идею бутстрапа в научных терминах, она неизбежно будет ограниченной и приблизительной, и основная причина приблизительности — это то, что в ней рассматриваются только сильные взаимодействия. Поскольку силы, принимающие участие в таких взаимодействиях, в сотни раз превышают силы электромагнитных взаимодействий и на много порядков — силы слабых и гравитационных взаимодействий, мы миримся с этой приблизительностью, и она нам не мешает. Таким образом, научный бутстрап имеет дело исключительно с сильновзаимодействующими частицами, или адронами, вследствие чего его часто называют "адронным бутстрапом". Эта модель, сформировавшаяся в контексте теории S-матрицы, ставит своей основной целью рассмотрение всех свойств адронов и их взаимодействий в качестве проявления требований самосогласованностн и внутренней последовательности. Единственные "фундаментальные законы", допускающиеся в эту модель — это перечисленные в предыдущей главе общие принципы построения S-матрицы, которые целиком и полностью обусловлены нашими методами наблюдения, а значит, представляют собой обязательный каркас всех научных исследований и моделей. Другие свойства S-матрицы могут быть временно постулированы в качестве "фундаментальных принципов", однако в конечном варианте теории они все равно должны будут превратиться в следствия из принципа самосогласованности. К числу таких постулатов относится, в частности, и утверждение о том, что все адроны образуют последовательности, которые могут быть описаны при помощи формул Редже (см. главу 17).

Исходя из принципов теории S-матрицы, гипотеза бутстрапа предполагает, что полностью построенная S-матрица — а с нею и все свойства адронов — определяется только общими принципами, так как существует только одна S-матрица, учитывающая все три принципа. Это предположение получает подтверждение благодаря тому факту, что физикам никогда не удавалось построить такую математическую модель, которая одновременно удовлетворяла бы требованиям всех трех принципов. Если принять точку зрения гипотезы бутстрапа, исходящей из того, что последовательная S-матрица обязательно должна учитывать все свойства и взаимодействия адронов, то причина неудачи физиков в построении удовлетворительной частично S-матрицы сразу же тоже становится понятной.

Взаимодействие субатомных частиц настолько сложны, что сейчас не представляется возможным сказать, насколько велика вероятность построения полностью самосогласованной S-матрицы, однако мы можем предвидеть появление ряда частных успешных моделей меньшего масштаба. Каждая из них будет посвящена отдельным разделам физики частиц, что сделает неизбежным использование некоторых необъяснимых параметров, отражающих ограниченность этих моделей, однако эти параметры могут получить объяснение в последующих моделях. Таким образом, постепенно все более значительное количество явлений будет получать достаточно полное освещение при помощи целой мозаики накладывающихся друг на друга моделей, число необъясненных параметров в которых будет постоянно уменьшаться. Таким образом, слово "бутстрап" относится не к какойто отдельной модели, а ко всей совокупности этих взаимозависимых моделей, ни одна из которых не имеет более фундаментального значения, чем все остальныеПо выражению Чу, "физик, способный принимать во внимание некоторое количество различных успешных частных моделей, не отдавая при этом предпочтения ни одной из них, может быть тут же признан последователем бутстрап-философии — бутстраппером" [14, 7].

Несколько таких частных моделей уже сформулированы. Они доказывают, что программа бутстрапа будет, по всей видимости, выполнена не в таком уж далеком будущем. Что касается адронов, то самой значительной проблемой, стоявшей перед теорией S-матрицы и гипотезой бутстрапа, всегда был анализ строения кварков, имеющий невероятно большое значение для изучения сильных взаимодействий. До недавнего времени бутстрап-подход не позволял объяснить поразительные закономерности, наблюдающиеся в этой области, что было основной причиной недоверия ученого сообщества к бутстрапу. Большинство физиков предпочитало использовать кварковую модель, которая обеспечивала если не последовательное объяснение, то, по крайней мере, достоверное описание этих закономерностей. Однако за последние шесть лет ситуация резко изменилась. Несколько важных достижений в теории S-матрицы привели к значительному продвижению вперед, которое позволило придти к тем же выводам, которые составляют основное содержание кварковой модели, но без необходимости постулировать действительное существование физических кварков (см. главу 17), Среди сторонников теории S-матрицы эти открытия встретили горячую поддержку и взрыв энтузиазма, и физики, по всей видимости, будут попросту вынуждены коренным образом изменить свое отношение к бутстрап-подходу в субатомной физике.

Взгляд на адроны, характерный для теории бутстрапа, часто описывают при помощи весьма двусмысленной фразы: "Каждая частица содержит в себе все остальные частицы". Не следует, однако, делать из этого вывод, что каждый адрон действительно содержит внутри себя все остальные адроны — содержит в том смысле, в каком это понимает классическая, статическая механика. Адроны не столько содержат, сколько "включают", или "затрагивают" друг друга в динамическом, вероятностном понимании, характерном для теории S-матрицы: каждый адрон является потенциальным "связанным состоянием" всевозможных состояний частиц, в результате взаимодействия которых может образоваться интересующий нас адрон (см. Послесловие). В этом смысле все адроны представляют собой сложные структуры, состоящие, опять же, из адронов, причем ни один из них не может быть признан более фундаментальным, чем все остальные. Силы притяжения, при помощи которых образуются такие структуры, проявляются в форме обменов частицами, причем частицы, принимающие участие в обменных процессах, тоже оказываются адронами. Таким образом, каждый адрон может выступать в трех различных амплуа: быть сложной структурой, входить в состав другого адрона в участвовать в обмене между компонентами вещества, воплощая в последнем случае часть сил, поддерживающих делимость структуры. Ключевым понятием в этом описании является "кроссинг". Целостность каждого адрона обеспечивается за счет обмена другими адронами через кросс-канал, причем каждый из этих

последних, в свою очередь, сохраняет свою целостность благодаря силам, частично порожденным первым, исходным адроном. Таким образом, каждая частица принимает самое активное участие в существовании других частиц, "каждая частица помогает порождать другие частицы, которые, в свою очередь, порождают ее" [16. 93). Так порождает сам себя весь набор адронов; он как бы стягивает воедино самого себя, при помощи обратных связей (первичное значение английского слова "bootstrap" — обратная связь"). Таким образом, основное положение бутстрапфилософии сводится к тому, что механизм бутстрапа, отличающийся значительной сложностью, еще и очень жестко детерминирован, что означает, что он может функционировать только одним определенным образом и никак иначе. Другими словами, существует лишь один потенциально возможный набор адронов, а именно тот, с которым мы имеем дело в действительности.

В адронном бутстрапе все частицы динамическим образом состоят друг из друга, и отношения между ними характеризуются внутренней последовательностью и самосогласованностью, что позволяет нам говорить, что адроны "содержат" друг друга. В буддизме Махаяны очень похожее понятие используется по отношению ко всей Вселенной в целом. Космическая сеть пронизывающих друг друга вещей и событий изображается а "Аватамсака-сутре" при помощи метафоры сети Индры — огромной сети из драгоценностей, нависающей над дворцом бога Индры. Согласно утверждению сэра Чарльза Элиота,

> *"В небесах Индры, как рассказывают, есть жемчужная сеть, и жемчужины эти расположены таким образом, что посмотрев на одну из них, узришь в отражении на ее поверхности все остальные. Точно также любой предмет в этом мире не просто является самим собой, но и оказывается связанным с любым другим предметом и воистину является всем остальным миром. "Во всякой пылинке — бесчисленное множество Будд" [26, 109].*

Сходство этого образа с адронным бутстрапом не может не поражать нас. Метафора сети Индры должна по праву быть признана первой бутстрап-моделью, разработанной восточными мудрецами примерно за два с половиной тысячелетия до возникновения физики частиц Буддисты настаивают на том, что понятие взаимопроникновения не может быть осознано при помощи рассудка и должно восприниматься просветленным сознанием в состоянии медитации. Так, Д. Т. Судзуки пишет:

> *"Будда (в "Гандавьюхе") уже не является человеком, живущим в мире, воспринимаемом в терминах пространства и времени. Его восприятие не принадлежит обыкновенному сознанию, подчиняющемуся законам здравого смысла и логики... Будда из "Гандавьюхи" живет в особом духовном мире, имеющем свои собственные законы" [73, 148].*

Ситуация в современной физике практически совпадает с описанной выше. Представления о том, что всякая частица содержит в себе все остальные, не соотносятся с обычным пространством и временем. Они описывают реальность, которая, подобно реальности Будды, имеет свои собственные законы. В случае адронного бутстрапа эти законы являются постулатами теории относительности и квантовой теории, и основная особенность всех этих законов заключается в том, что силы, удерживающие частицы друг подле друга, представлены в виде обменов другими частицами через кросс-каналы. Это положение может быть сформулировано математически, но визуализировать его чрезвычайно сложно. Оно представляет собой особую релятивистскую составляющую бутстрапа, а так как непосредственное восприятие четырехмерного мира пространства-времени нам недоступно, мы едва ли способны представить, что каждая отдельная частица может содержать внутри себя все остальные частицы и одновременно быть составной частью каждой из них. Как это ни странно, Махаяна по этому вопросу придерживается точно такого же мнения:

> *"Когда одно противопоставляется всем остальным, оно воспринимается как нечто пронизывающее их всех до одного и, в то же время, содержащее их всех" [71, 52].*

Представления о том, что каждая частица содержит в себе все остальные, характерны не только для восточной, но и для западной мистической философии. Они скрыто присутствуют, в частности, в следующих строках знаменитого английского поэта Уильяма Блейка:

> *"В песчинке целый мир найти,*
> *И небеса — в цветке лесном.*
> *В ладони космос уместить,*
> *И век — в мгновении одном".*

В последнем случае мистический подход к восприятию мира приводит к возникновению образа, построенного вполне в духе бутстрапа: если поэт видит целый мир в крупице песка, то современный физик видит его в адроне.

Похожий образ появился и в философии Лейбница, считавшего, что мир состоит из фундаментальных субстанций, которые он называл монадами, и каждая из которых должна была отражать в себе весь мир. Это привело философа к такому взгляду на материю, который имеет немало общих черт с учением буддизма Махаяны и адронным бутстрапом. В своей "Монадологии" Лейбниц пишет:

"Каждая частица материи должна пониматься как сад, наполненный растениями, или как пруд, полный рыбы. Однако каждая ветвь растения, каждый член тела животного, каждая капля его жидкостей тоже представляет собой точно такой же сад и точно такой же пруд" 183, 547].

Интересно, что сходство этих строчек с отрывком из "Аватамсака-сутры" объясняется прямым влиянием идей буддизма на Лейбница. Джозеф Нидэм утверждал [60, 496], что Лейбниц был хорошо знаком с китайской философией и культурой благодаря переводам, которые он получал от монахов-иезуитов, и что его философия вполне могла вдохновляться идеями неоконфуцианства, представленными в сочинениях Чжу Си, с которым ему удалось ознакомиться. Один из источников учения неоконфуцианства — буддизм Махаяны, а в особенностишколы Дватамсака (кит. Хуаянь). Нидэм, в частности, упоминает в связи с монадами Лейбница притчу о жемчужной сети Индры.

Более тщательное сопоставление представлений Лейбница об "отношениях отражения" между монадами с понятием взаимопроникновения в Махаяне обнаруживает, тем не менее, что эти два понятия сильно отличаются друг от друга, и что буддийское понимание материи гораздо ближе по духу к современной физике, чем теория Лейбница. По всей видимости, основное различие между "Монадологией" и буддийской философией заключается в том, что монады Лейбница представляют собой фундаментальные субстанции, рассматривающиеся в качестве окончательного состояния материи. Лейбниц начинает "Монадологию" с такого предложения: "Монада, о которой мы будем сейчас говорить, есть не что иное, как простая субстанция, входящая в состав сложных объектов; простая, что означает: не имеющая частей". Затем он говорит: "Все эти монады представляют собой истинные атомы природы, и, в некотором смысле, элементы всех вещей" [83, 533]. Такой фундаменталистский подход находится в поразительном противоречии с философией бутстрапа и учением буддизма Махаяны, которые отрицают существование каких бы то ни было фундаментальных сущностей или субстанций. Фундаменталистский способ мышления, характерный для Лейбница, накладывает свой отпечаток на его взгляды на природу сил, воспринимаемых им в качестве законов, заложенных в природу божественным указанием, и коренным образом отличающихся от самой материи. "Силы и деятельность, — пишет Лейбниц, — не могут быть только лишь состояниями такой пассивной вещи, как материя" (83, 161]. Это положение тоже противоречит мировоззрению современной физики и восточного мистицизма.

Что касается действительных взаимоотношений между монадами, основное отличие от адронного бутстрапа заключается в том, что монады не способны взаимодействовать друг с другом: у них "нет окон", как говорит Лейбниц, и поэтому они только отражаются друг в Друге. В адронном бутстрапе, как и в Махаяне, напротив, основной акцент приходится на взаимодействие или "взаимопроникновение" между всеми частицами" более того, принципы мировоззрения как бутстрапа, так и Махаяны предполагают, что все объекты должны рассматриваться только в "пространственно-временных" терминах, то есть в качестве событий, взаимопроникновение между которыми может быть осознано только в том случае, если мы признаем, что пространство и время тоже находятся в отношениях взаимопроникновения.

Бутстрап-теория адронов далека от своего завершения, и сложности, связанные с ее формированием, довольно значительны. Тем не менее, физики уже начали пытаться применять самосогласованный подход не только для описания сильновзаимодействующих частиц. В конечном итоге, такое развитие теории должно повлечь за собой выход за пределы нынешнего контекста S-матрицы, которая была сформулирована специально для рассмотрения сильных взаимодействий. Необходим более общий, более универсальный подход, в рамках которого некоторые из тех понятий, которые сегодня принимаются без объяснений, должны будут подвергнуться бутстрап-обработке, или стать "пришнурованными" друг к другу, то есть производными от всеобщего принципа самосогласованности. Согласно Джеффри Чу, этот процесс переосмысления может затронуть и наши представления о макроскопическом пространстве-времени, а может быть — даже о человеческом сознании.

"Доведенная до своего логического завершения, гипотеза бутстрапа предусматривает, что существование сознания, наряду с существованием всех остальных аспектов природы, необходимо для самосогласованности целого" [13, 763].

Этот подход тоже прекрасно сочетается со взглядами восточных мистиков, которые всегда рассматривают сознание как неотъемлемую часть Вселенной. По восточным представлениям, люди, как и все остальные формы жизни, представляют собой лишь составные части неделимого органического целого. Поэтому из их способности познавать следует вывод о том, что целое тоже способно познавать; в нас постоянно подтверждается способность Вселенной порождать формы, через посредство которых она познает самое себя.

В современной физике вопрос о роли сознания ставился в связи с наблюдением атомных явлений. Квантовая теория обнаружила, что эти явления могут восприниматься только как звенья в цепи процессов, конец которой находится внутри сознания человека-наблюдателя. По словам Юджина Вигнера, "невозможно последовательно сформулировать законы (квантовой теории), не принимая в расчет сознание" [84, 172]. Прагматическая формулировка квантовой теории, используемая учеными в их научной работе, не содержит прямых указаний на роль сознания. Несмотря на это, Вигнер и некоторые другие физики утверждают, что со временем в теории, описывающие строение материи, придется ввести эксплицитное описание функции сознания в формировании наших знаний о Вселенной.

Такое развитие событий открыло бы широкие перспективы для непосредственного взаимообогащения между восточным мистицизмом и современной физикой. Отправной точкой для неофита любой восточной мистической традиций является постижение природы собственного сознания и его связей с остальным миром. На протяжении столетий восточные мистики изучали свойства различных состояний сознания, и те выводы, к которым они пришли, коренным образом отличаются от западных представлений. Если физики действительно хотят включить исследование природы человеческого сознания в орбиту своих научных интересов, то знакомство с достижениями восточной философии могло бы обеспечить им несколько стартовых, рабочих гипотез.

Таким образом, происходящее расширение сферы применения идей адронного бутстрапа, предусматривающее возможность "пришнуровать" друг к другу пространство-время и человеческое сознание, открывает беспрецедентные перспективы для развития человеческого познания, которое может выйти за условные рамки научного мировосприятия:

> *"Такой шаг в будущем окажет на развитие науки гораздо более сильное воздействие, чем все концепции, входящие в адронный бутстрап; нам придется иметь дело с неуловимым понятием наблюдения и, что тоже не исключено, с понятием сознания. Наша теперешняя борьба с адронным бутстрапом может поэтому стать лишь увертюрой к совершенно новой форме человеческой умственной деятельности, которая не только окажется за пределами физики, но утратит вообще все признаки "научности" [73, 765].*

Куда же, в таком случае, ведет нас идея бутстрапа? Наверняка этого никто не знает, однако при мысли о возможных перспективах развития этой теории просто дух захватывает. Мы можем представить себе сеть будущих теорий, охватывающих все большее количество явлений природы со все возрастающей точностью; сеть, которая будет содержать все меньше и меньше необъясненных характеристик и становиться все более структурированной за счет согласованного внутреннего взаимодействия ее частей. Однажды будет достигнута точка, где только необъясненные особенности этой сети теорий окажутся теми элементами, которые образуют рамки науки. За пределами этой точки теория не будет более способна выразить свои результаты словами или какими-либо рациональными понятиями и, таким образом, выйдет за пределы науки. Вместо бутстрапной ТЕОРИИ природы она превратится в бутстрапное ВИДЕНИЕ природы, выходящее за пределы границ мысли и языка и ведущее из науки в мир АЧИНТЬИ, немыслимого. Познание, содержащееся в таком видении, будет полным, но его невозможно будет выразить словами. Оно станет тем познанием, которое подразумевал Лао-цзы более 2000 лет назад, когда говорил:

> *"Тот, кто знает, не говорит.*
> *Тот, кто говорит, не знает" [48, гл. 81].*

ЭПИЛОГ

Восточные религиозно-философские системы стремятся к достижению непреходящего мистического знания о мире, не подчиняющегося законам рассудка и вербального мышления. Отношение такого типа познания к современной физике представляет собой лишь один из его аспектов, который, как и все остальные аспекты этого мистического знания, не может быть адекватно описан при помощи слов и доступен только для непосредственного интуитивного восприятия. В этой книге я стремился не столько к тому, чтобы произвести исчерпывающий анализ восточного мировосприятия, сколько к тому, чтобы дать читателю возможность как можно более отчетливо испытать то ощущение, которое является для меня постоянным источником энергии и вдохновения; это ощущение заключается в том, что основные теории и модели современной физики приводят нас к такому мировосприятию, которое характеризуется внутренней последовательностью и прекрасно гармонирует с представлениями восточных мистиков.

У тех, кто уже пережил эту гармонию, значение параллелей между мировоззрениями физиков и мистиков не вызывает никаких сомнений. Возникает интересный вопрос, но не о том, СУЩЕСТВУЮТ ЛИ эти параллели, а ПОЧЕМУ они существуют. И более того — что подразумевает их существование?

Пытаясь постичь сущность таинства жизни, люди выработали для этой цели множество различных подходов. Среди них мы встретим не только пути физиков и мистиков, но и большое количество других путей: пути поэтов, детей, клоунов, шаманов и т. д. Для этих путей характерны разные картины мира, как вербальные, уделяющие преимущественное внимание определенной части аспектов мироздания, в зависимости от характера пути. Все эти пути имеют свою ценность в рамках того направления, которое их породило. Однако, несмотря на свои полезные качества и положительные стороны, все они представляют собой только описания, модели действительности, что делает их, в некотором смысле, ограниченными. Нарисовать такую картину мира, которая бы в точности соответствовала бы действительности, попросту невозможно.

Для тех, кому знакомо это ощущение гармонии, возможность параллелей между мировоззрениями физиков и мистиков не нуждается в долгих доказательствах. Более интересный вопрос заключается не в том, существуют ли эти параллели, а в том, почему они существуют, и какие выводы следуют из самого факта их существования.

Механистическое мировоззрение классической физики оказывается полезным при описания тех разновидностей физических явлений, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни. Поэтому оно подходит для решения вопросов, связанных с осуществлением наших повседневных задач и потребностей. Однако для описания физических явлений субатомного мира оно уже не годится. Механистическому взгляду на мир во всех отношениях противоположно мировоззрение мистиков, важнейшей особенностью которого является его органический характер, так как оно рассматривает все события, происходящие во Вселенной, как неотделимые части неразрывного гармонического целого. Мистическое мировоззрение опирается на медитативные состояния сознания. Описывая мироздание, мистики используют понятия, опирающиеся на опыт мистических медитативных переживаний, а следовательно, не подходящие для научного описания макроскопических явлений. Органическое мировосприятие не может научить человечество ни тому, как конструировать новые машины и механизмы, ни тому, как решить различные технические проблемы, возникающие в нашем перенаселенном мире,

Тем не менее, в повседневной жизни оба эти подхода — и механистический, и органический — имеют определенную ценность и могут приносить пользу: один — в области науки и техники, другой — во внутренней жизни человека. Как ни странно, но стоит нам покинуть мир средних измерений, в котором мы обитаем, как все механистические конвенции сразу же утрачивают свою достоверность и уместность, и нам приходится заменять их органическими концепциями, которые очень близки по своему духу и содержанию к мистическим учениям Востока. Таковы факты современного этапа развития физики, представляющие собой предмет данного исследования. В двадцатом веке физика обнаружила, что концепции органического мировосприятия, представляющие сравнительно небольшую ценность для науки и техники в мире средних измерений, оказываются наиболее н даже единственно приемлемыми на атомном и субатомном уровнях. Таким образом, органические взгляды более фундаментальны и абсолютны, чем механистические. Законы классической физики, целиком и полностью основывающиеся на механике, представляют собой частный случай законов квантовой теории, но ни в коем случае не наоборот. В этом нам видится одна из причин нашей склонности усматривать черты сходства в мировоззрении современной физики и восточного мистицизма. И то, и другое является порождением глубокого проникновения в суть вещей — в глубины вещества в физике и в глубины сознания в мистицизме — при котором под обманчивой видимостью повседневности постепенно проступают черты принципиально иной действительности.

Параллели между концепциями, используемыми физиками и мистиками, становятся еще более очевидными, когда мы вспоминаем о других общих чертах, роднящих эти две области человеческого знания, несмотря на разницу в подходах. Для начала скажем, что их подходы всецело эмпиричны. Физики получают знания путем проведения экспериментов, мистики — при помощи занятий медитацией. И то, и другое представляет собой наблюдение, и в обоих случаях наблюдение за действительностью признается единственным источником знаний. Вне всякого сомнения, объекты наблюдения здесь совершенно различны. Взгляд мистика обращен внутрь его самого, он исследует различные уровни сознания, одним из которых является его тело как физическое воплощение последнего. Многие восточные традиции уделяют большое внимание овладению определенными телесными ощущениями, видя в них ключ к

мистическому восприятию мира. Будучи здоровыми, мы не ощущаем раздельности и самостоятельности разных частей своего тела и воспринимаем его как неделимое целое; уверенность в этом порождает ощущение довольства и поднимает настроение. Подобным образом мистик созерцает весь космос в целом, воспринимая его как свою увеличенную телесную оболочку. По словам Ламы Говинды,

> *"Для просветленного человека, ... чье сознание объемлет Вселенную, последняя превращается в его тело, а его физическое тело становится воплощением Всемирного Сознания, его внутреннее видение — — выражением высшей реальности, а речь — средоточием вечной истины и мантрической силы" [31, 125].*

В отличие от мистика, физик начинает свое исследование фундаментальной природы вещей с изучения материального мира. Проникая во все более глубокие слои материи, он убеждается в принципиальном единстве всех вещей и событий. Более того, ученый узнает, что он сам, вместе со своим сознанием, тоже является неотъемлемой частью этого единства. Таким образом, физик и мистик приходят к одному и тому же выводу: один исходит из явлений внешнего мира, другой — из явлений внутреннего мира. Близость этих двух подходов еще раз подтверждается известным индуистским изречением, утверждающим, что Брахман, то есть внешняя реальность, тождественен Атману, то есть реальности внутренней. Еще одно сходство между путями физика и мистика заключается в том, что они ведут свои наблюдения в мире, недоступном обычному человеческому восприятию: в современной физике это мир атомных и субатомных частиц, в мистицизме это измененные состояния сознания, не поддающиеся анализу при помощи рассудка. Мистики часто упоминают о своем восприятии более высоких измерений, при котором впечатления, поступающие от различных центров сознания, сливаются в одно целое. Нечто подобное ожидает нас и в современной физике, в которой язык математических формул, описывающих "пространственно-временную" четырехмерную реальность, объединяет те понятия и факты, которые в обычном, трехмерном мире традиционно относятся к различным категориям бытия. В обеих областях знания такая многомерная картина мира не подчиняется законам чувственного восприятия, и поэтому не может быть описана при помощи обычного языка.

Как мы убедились, пути познания современного физика и восточного мистика, которые, на первый взгляд, представляются совершенно противоположными, на самом деле имеют немало общего. Поэтому неудивительно, что в их мировосприятии наличествует очевидный параллелизм. Как только мы признаем существование этих параллелей, перед нами сразу же возникает вопрос о том, как их интерпретировать. Можно ли утверждать, что современная наука, со всеми своими сложными приборами и приспособлениями только начинает открывать для себя те истины, которые для восточных мыслителей являются очевидными уже тысячи лет? Должны ли ученые отказаться от научного метода и приступить к занятиям медитацией? Или же наука и мистицизм могут оказать друг на друга какое-то конструктивное влияние? Быть может, через какое-то время произойдет их синтез?

Я думаю, что на все эти вопросы нужно ответить отрицательно. Наука и мистицизм являются для меня двумя дополняющими друг друга сторонами человеческого познания: рациональной и интуитивной. Современный физик — последователь крайне рационалистического направления, а мистик — крайне интуитивного. Эти два подхода отличаются друг от друга самым принципиальным образом, и не только по вопросам столкновения смысла явлений материального мира. При этом для них характерна, как принято говорить в физике, дополнительность. Один подход не может быть заменен другим, каждый из них имеет уникальную ценность, а их соединение рождает новое, более адекватное мировосприятие. Перефразируя древнее китайское изречение, можно сказать, что мистики понимают корни Дао, но не его ветви, а ученые понимают ветви Дао, но не его корни. Наука не нужна мистицизму, мистицизм не нужен науке, но людям необходимо и то, и другое. Мистическое восприятие позволяет добиться глубокого понимания сути вещей, наука незаменима в современной жизни. Таким образом, лучше всего для нас было бы объединение мистической интуиции и научной рассудочности, а не динамическое чередование,

До сих пор положение дел далеко от идеального в этом отношении. Сейчас в наших ценностных ориентирах слишком велико преобладание ЯН-ценностей (снова прибегнем к использованию китайской фразеологии) — рациональных, мужественных и агрессивных настроений. Типичный пример ЯН-ориентации представляют собой ученые. Хотя на основе теорий физики возникает мировосприятие, которое во многом похоже на мистическое, до удивительного небольшое количество ученых обращает внимание на это обстоятельство. В мистицизме познание не может быть отделено от определенного образа жизни, в котором оно воплощается, Стать обладателем мистического знания означает подвергнуться преображению, можно даже сказать, что это познание и ЕСТЬ преображение. Научное знание, напротив, зачастую может быть абстрактным и теоретическим. Поэтому многие современные физики не делают тех очевидных выводов, которые вытекают из их собственных теорий и затрагивают философию, культуру и духовную жизнь человечества. Многие ученые не являются сторонниками общественного устройства, основанного на механистическом, фрагментарном мировоззрении, не сознавая, что наука говорит о необходимости нового подхода к рассмотрению явлений действительности, демонстрирующего всеобъемлющее единство Вселенной, включая явления природы и человеческие взаимоотношения и чувства. Я уверен в том, что мировоззрение, складывающееся на основе теорий современной физики, несовместимо с нынешним устройством нашего общества, лишенного той гармоничной взаимосвязанности, которая характерна для природы. Для перехода к такому динамическому равновесию нужно изменить социально-культурное устройство общества и произвести культурную революцию в истинном смысле слова. От нашей способности осуществить этот переход зависит выживание нашей цивилизации. В конечном счете, оно зависит от нашей способности усвоить некоторые ИНЬ — принципы восточного мистицизма и научиться воспринимать мир в его целостности, пребывая в согласии со всем мирозданием.

СНОВА О НОВОЙ ФИЗИКЕ — ПОСЛЕСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

С момента первой публикации «Дао физики» в различных областях субатомной физики были сделаны определенные достижения. Как я уже указывал в предисловии к этому изданию, новые открытия не только не опровергли ни одной из обнаруженных мною параллелей с восточным мистицизмом, но даже, напротив, послужили их дальнейшему обоснованию. В этом Послесловии мне хотелось бы перечислить некоторые наиболее важные достижения в области атомной и субатомной физики, имевшие место до летних месяцев 1982 года.

Одна из наиболее очевидных параллелей с восточным мистицизмом заключается в осознании взаимосвязанности составных частей материи с основными явлениями, в которых они принимают участие, и необходимости рассматривать эти составные части не как изолированные сущности, а как неотъемлемые компоненты единого целого. Важность понимания основополагающей "квантовой взаимосвязанности", которой посвящена десятая глава, неоднократно отмечалась Нильсом Бором и Вернером Гейзенбергом во время формулирования квантовой теории. Тем не менее, за последние два десятилетия это понятие снова привлекло к себе внимание ученых, осознавших, что взаимосвязанность явлений, наполняющих Вселенную, оказалась на порядок выше предполагавшейся. Разрабатывавшаяся в последнее время новая концепция взаимосвязанности не только проливает свет на сходство взглядов мистиков и физиков, но и позволяет провести интригующие параллели с психологией Юнга и даже, что тоже не исключается, с парапсихологией: эта концепция по-новому оценивает роль взаимосвязанности в квантовой физике.

В классической физике понятие вероятности используется в тех случаях, когда неизвестны характеристики какого-то процесса или реакции. Так, играя в кости, мы, в принципе, могли бы предсказать результат того или иного броска, если бы имели информацию обо всех условиях, в которых он совершается: материал, из которого изготовлена кость, местонахождение ее центра тяжести, характер поверхности, на которую падает кость, и т. д. Все эти показатели называются локальными переменными, так как они принадлежат предметам, принимающим участие в данном процессе. В субатомной физике примером локальных переменных являются связи между пространственно удаленными друг от друга объектами, реализующиеся посредством сигналов — частиц или их последовательностей-каскадов, — а также подчиняющиеся законам пространственного удаления. Эти законы не позволяют никаким сигналам перемещаться быстрее скорости света. Однако в последнее время было обнаружено, что за локальными связями, еще глубже, существуют некие нелокальные связи, которые характеризуются мгновенностью установления и пока не могут предсказываться при помощи языка точной математики. Некоторые физики рассматривают нелокальные связи в качестве непосредственной сущности квантовой действительности. Квантовая теория не всегда указывает точную причину того или иного явления. Возьмем, к примеру, переход электрона с одной атомной орбиты на другую, или распад субатомной частицы, которые могут происходить и происходят спонтанно, без какой-то определенной причины. Не всегда можно заранее предсказать, когда и каким образом произойдет подобное событие; реально лишь охарактеризовать его вероятность. Это не означает, что атомные явления протекают совершенно произвольным образом; все, что имеется в виду, — это то, что они не вызываются локальными причинами. Поведение любой части целого определяется ее нелокальными связями с последним, а поскольку об этих связях мы ничего не знаем, нам приходится заменить узкие классические понятия причины и следствия более широкими представлениями о статистической причинности. Законы атомной физики имеют природу статистических закономерностей, согласно которым, вероятность отдельных атомных явлений определяется общей динамикой всей системы. В то время, как в классической физике свойства и поведение некоего целого определяется свойствами и поведением его отдельных частей, в физике квантовой все обстоит совершенно противоположным образом: поведение частей целого определяется самим целым.

Таким образом, вероятность используется в классической и квантовой физике практически в одних и тех же целях. В обоих случаях мы имеем дело с некими "сокрытыми" переменными, которые нам неизвестны, и такое отсутствие информированности мешает нам делать какие-либо определенные выводы. Тем не менее, между двумя этими случаями есть и очень существенная разница. Если в классической физике скрытые переменные являются локальными механизмами, то в квантовой физике они нелокальны: они представляют собой мгновенные связи со Вселенной в целом. В повседневной, макроскопической действительности нелокальные связи играют сравнительно незначительную роль, вследствие чего мы можем говорить о самостоятельных объектах и формулировать законы, описывающие их поведение в терминах стопроцентных определенностей. Однако при переходе к более низким измерениям определенности уступают место вероятностям, и отделить какую-то часть Вселенной от целого становится чрезвычайно сложно.

Сам Эйнштейн долго не мог признать существование нелокальных связей и вытекающее из этого факта фундаментальное значение вероятности. Именно этой проблеме был посвящен его исторический спор с Бором в двадцатые годы, во время которого Эйнштейн выразил свое несогласие с тем, как Бор интерпретирует квантовую теорию при помощи знаменитого афоризма: "Бог не играет в кости" [68]. В результате спора Эйнштейну пришлось признать, что квантовая теория в трактовке Бора и Гейзенберга представляет собой последовательную систему научных взглядов, однако его не покидала мысль о том, что рано или поздно науке удастся найти детерминистское описание всех доселе необъяснимых явлений в терминах локальных скрытых переменных.

Согласиться с Бором Эйнштейну мешала его непоколебимая вера в некую внешнюю реальность, состоящую из независимых, пространственно удаленных друг от друга элементов. Пытаясь доказать непоследовательность

интерпретации Бора, Эйнштейн поставил "мысленный" эксперимент, который получил известность под названием эксперимента Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР) [5, 614]. Три десятилетия спустя Джон Белл построил теорему, опирающуюся на этот эксперимент, которая доказывает, что существование локальных скрытых переменных плохо согласуется со статистическими формулировками квантовой теории [70]. Теорема Белла нанесла сокрушительное поражение позиции Эйнштейна, доказав, что понимание действительности как сложной структуры, состоящей из отдельных частей, соединенных при помощи локальных связей, несовместимо с идеями квантовой теории.

За последние годы эксперимент ЭПР неоднократно становился предметом дискуссий и анализа специалистов в связи с проблемами интерпретации квантовой теории, поскольку он является превосходным примером для демонстрации отличия между понятиями классической и квантовой физики. Для наших целей достаточно ограничиться рассмотрением упрощенной версии этого эксперимента, в которой принимают участие два вращающихся электрона и которая была разработана в ходе исчерпывающего анализа, данного этому эксперименту Дэвидом Бомом. Для того, чтобы уловить основной смысл ситуации, необходимо познакомиться с некоторыми свойствами электронного спина, или вращения электрона. Классическая метафора вращающегося теннисного мяча не вполне подходит для описания вращающейся субатомной частицы. В определенном смысле, спин частицы представляет собой ее вращение вокруг собственной оси, однако, как это всегда бывает в субатомной физике, это классическое понятие имеет ограниченную область применения. В случае с электроном, множество значений спина состоит из двух вариантов: количество вращения остается всегда постоянным, однако относительно оси вращения электрон может вращаться в двух направлениях — или по, или против часовой стрелки. Физики обычно обозначают эти два значения при помощи слов "верх" и "вниз".

Основное свойство вращения электрона, которое нельзя объяснить при помощи классических терминов, — это невозможность точного определения направления его оси. Электроны обладают тенденцией существовать в различных точках внутри атома, и точно таким же образом для них характерны тенденции вращаться вокруг той или иной оси. Тем не менее, стоит нам выбрать некую ось и произвести измерения, как мы обнаружим, что электрон вращается именно вокруг этой оси в одном из двух направлений. Другими словами, частица приобретает определенную ось вращения в момент измерения, однако до этого момента об оси вращения ничего определенного сказать нельзя: электрон имеет только некоторую тенденцию, или потенцию, вращаться вокруг этой оси.

Придя к такому пониманию спина электрона, мы можем приступить к рассмотрению эксперимента ЭПР и теоремы Белла. В эксперименте участвуют два электрона, вращающиеся в противоположных направлениях, так, что их суммарный спин равен нулю. Существует несколько экспериментальных методик, которые позволяют привести два электрона в такое состояние, при котором направления осей вращения неизвестны, но общий спин двух частиц точно равен нулю. Теперь предположим, что какие-то процессы, не оказывающие воздействия на спин частиц, вызывают их удаление друг от друга. При этом суммарное значение спина остается равным нулю, и, когда расстояние между ними становится достаточно большим, исследователи поочередно измеряют спин каждой из двух частиц. Важная деталь эксперимента — то, что расстояние между ними может быть сколько угодно большим: одна частица может находиться в Нью-Йорке, другая в Париже; одна — на Земле, а другая — на Луне.

Предположим теперь, что после измерения спина частицы вокруг вертикальной оси мы обнаружили, что она имеет "верхний" спин. Поскольку суммарный спин обеих частиц равен нулю, из этого следует, что спин второй частицы должен быть "нижним". Таким образом, посредством измерения спина частицы 1 мы одновременно косвенно измеряем спин частицы 2, не оказывая на нее совершенно никакого воздействия. Парадоксальность эксперимента ЭПР заключается в том, что исследователь волен выбирать для измерения любую ось. Квантовая теория утверждает, что спины частиц будут иметь противоположные значения по отношению к каждой оси вращения, однако до момента измерения они существуют только в качестве тенденций или возможностей. Стоит наблюдателю выбрать определенную ось и произвести измерения, как обе частицы получают определенную общую ось вращения. Особенно важен тот факт, что мы можем выбрать ось измерения в последний момент, когда между электронами будет уже довольно большое расстояние. В тот момент, когда мы производим измерение характеристик частицы 1, частица 2, которая, возможно, находится на удалении в несколько тысяч миль, тоже приобретает определенное значение спина по отношению к выбранной оси измерения. Как частица 2 "узнает" о том, какую ось мы выбрали? Это происходит настолько быстро, что она не может получить эту информацию при помощи какого-либо условного сигнала.

В этом заключается основная проблема интерпретации эксперимента ЭПР, и именно в этом вопросе Эйнштейн не мог согласиться с Бором. По мнению Эйнштейна, поскольку никакой сигнал не способен перемешаться в пространстве быстрее скорости света, измерение, произведенное по отношению к одному из электронов, не может в то же мгновение сообщить определенное направление вращению второго электрона, находящегося в тысячах миль от первой частицы. По мнению Бора, система из двух электронов представляет собой неделимое целое, хотя частицы и разделены большим расстоянием, и мы не можем рассматривать эту систему в терминах составных частей. Хотя электроны находятся довольно далеко друг от друга, они, тем не менее, соединены мгновенными, нелокальными связями. Эти связи не являются сигналами в понимании Эйнштейна, они не соответствуют нашим условным представлениям о передаче информации. Теорема Белла подтверждает справедливость концепции Бора в отношении несовместимости взглядов Эйнштейна на физическую действительность как на сложную структуру, состоящую из самостоятельных элементов, разделенных пространством, с законами квантовой теории. Другими словами, теорема Белла проливает свет на

фундаментальную взаимосвязь и нераздельную слитность Вселенной. Как говорил за две тысячи лет до Белла индийский буддист Нагарджуна (см. главу 10),

"Вещи черпают свое существование и природу во взаимозависимости, и не являются ничем сами по себе."

Современная физика старается объединить две свои основные теории, квантовую теорию и теорию относительности, в рамках единой всеобъемлющей теории субатомных частиц. До сих пор создать такую теорию не удавалось, однако наука уже располагает рядом частных теорий и моделей, вполне успешно описывающих определенные стороны субатомной реальности, В настоящее время в субатомной физике существуют две разновидности квантово-релятивистских теорий, которне успешно применяются в различных областях человеческой деятельности. Первая из них — это группа теорий квантового поля (см. главу 14), которые описывают электромагнитные и слабые взаимодействия, ко второй принадлежит теория, известная под названием теории S-матрицы (см. главу 17) и успешно описывающая сильные взаимодействия. Главная проблема, которая до сих пор остается нерешенной, — это задача объединения теории относительности и квантовой теории в рамках квантовой теории гравитации. Хотя шагом к решению этой проблемы, возможно, послужат существующие уже сейчас теории "супергравитации", до настоящего времени удовлетворительных вариантов ее решения на суд научной общественности предложено не было.

Теории квантового поля, подробно описанные в главе 14, исходят из концепции квантового поля — фундаментальной сущности, которая может существовать в протяженной, континуальной форме — в виде поля — и в непротяженной форме — в виде частиц. При этом различные типы частиц связаны с различными полями. Эти теории пришли на смену представлениям о частицах как о фундаментальных объектах и заменили его гораздо более тонкой и адекватной концепцией квантовых полей. Несмотря на это, они используют понятие фундаментальных сущностей и являются по этой причине полуклассическими теориями, которые не могут полностью раскрыть квантово-релятивистскую природу субатомной материи.

Квантовая электродинамика, первая из теорий квантового поля, обязана своим успехом тому обстоятельству, что электромагнитные взаимодействия очень слабы, и при них сохраняются классические различия между веществом и силами взаимодействия (в техническом отношении это означает, что константа электромагнитного сопряжения настолько мала, что при увеличении длительности возбужденного состояния степень приближения все же остается вполне приемлемой). То же самое можно сказать о теориях поля, описывающих слабые взаимодействия. По сути дела, в последнее время сходство между электромагнитными и слабыми взаимодействиями только усиливается благодаря появлению новой разновидности теорий квантового поля, получивших название гейдж-теорий, которые позволяют рассматривать оба типа взаимодействий на общих основаниях. В возникшей на их основе объединенной теории поля, получившей название теории Вайнберга-Салама в честь своих создателей, Стивена Вайнберга в Абдуса Салама, два типа взаимодействий сохраняют свою самостоятельность, но переплетаются в математическом отношении и получают общее наименование "электрослабых" взаимодействий.

Подход, характерный для гейдж-теорий, распространяется и на сильные взаимодействия благодаря возникновению теории поля под названием квантовой хромодниамики (КХД), и теперь многие физики пытаются добиться "великого объединения" квантовой хромодинамики с теорией Вайнберга-Салама. Тем не менее, использование гейдж-теорий для описания сильновзаимодействующих частиц порождает немало проблем. Взаимодействия между адронами настолько сильны, что различие между частицами и силами начинает утрачивать свою четкость. Поэтому КХД плохо подходит для описания процессов с участием сильновзаимодействующих частиц, за исключением некоторого количества совершенно специфических "явлений" — так называемых "глубоких неэластичных" процессов рассеивания, — в ходе которых частицы, по каким-то неизвестным причинам, ведут себя почти так же, как и самостоятельные объекты классической физики. Несмотря на самые напряженные усилия, физики не смогли распространить сферу применения КХД на явления вне этого узкого круга, и первоначальные надежды на то, что КХД выполнит роль теоретической основы для объяснения свойств сильновзаимодействующих частиц, до сих пор не оправдались.

КХД представляет собой современную математическую формулировку кварковой модели (см. главу 16): поля ассоциируются в ней с кварками, а слово "хромо" относится к цветам, присущим этим кварковым полям. Как и все гейдж-теории, КХД возникла позже квантовой электродинамики (КЭД). В то же время, как в КЭД электромагнитные взаимодействия рассматриваются в качестве процессов, опосредованных фотонными обменами между заряженными частицами, в КХД сильные взаимодействия опосредованы "глюонами", принимающими участие в аналогичных обменах между разноцветными кварками. Глюоны являются не собственно частицами, а одной из разновидностей квантов, которые "приклеивают" кварки друг к другу (английское слово "glue", от которого образовано название глюонов, имеет значение "клей", "приклеивать"), что ведет к возникновению мезонов и барионов.

На протяжении последнего десятилетия в результате открытия большого количества новых частиц в ходе экспериментов по рассеиванию с применением все более высоких энергии кварковая модель, как уже говорилось в главе 16, была существенным образом расширена и уточнена. Каждый из первоначально постулированных кварков, получивших обозначения соответственно u, d и s, должен был существовать в трех различных ароматах, а затем ученые постулировали существование и четвертого кварка, получившего аромат "charm". Впоследствии к модели добавилось еще два аромата (t и b, что обозначает "top" и "bottom", то есть соответственно, "вершина" и "дно", а более

романтическое толкование дают варианты "true" и "beautiful", то есть "подлинный и "красивый"), вследствие чего общее количество кварков стало равным восемнадцати — шести ароматам, помноженным на три цвета. Неудивительно, что многим физикам такое многообразие фундаментальных "кирпичиков" мироздания пришлось не по душе, и они начали поговаривать о необходимости введения "более элементарных" частиц, из которых и должны состоять кварки...

Одновременно с построением моделей экспериментаторы продолжали заниматься поисками свободных кварков, но безуспешно, что и составляет основную проблему, стоящую перед кварковой моделью. В рамках теории КХД это получило название "кваркового сжатия". Ученые выдвинули предположение о том, что по каким-то неизвестным причинам кварки постоянно пребывают в "сжатом" состоянии внутри адронов и не могут поэтому предстать перед нашим взглядом. Было разработано несколько моделей кваркового сжатия, однако все эти попытки характеризовались крайней степенью разобщенности, и до сих пор не привели к появлению более или менее последовательной теории.

Подведем итоги нашего рассмотрения кварковой модели. Для объяснения всех наблюдаемых в адронном аспекте структур необходимо, по крайней мере, восемнадцать кварков и восемь глюонов, ни один из которых не был обнаружен в свободном, несвязанном состоянии, а их существование в качестве физических составляющих адронов привело бы к появлению серьезных теоретических сложностей; для описания постоянного сжатия кварков выдвигалось несколько моделей, но ни одна из них не является подходящей динамической теорией, в то время как КХД, представляющая собой теоретический каркас кварковой модели, может использоваться только по отношению к очень узкому кругу явлений. Тем не менее, невзирая на все эти сложности, большинство физиков до сих пор сохраняет приверженность идее "строительных кирпичиков" материи, которая так глубоко укоренилась в западном научном сознании.

По всей видимости, наиболее впечатляющие события в физике частиц произошли совсем недавно, и выражаются они в возникновении теории S-матрицы и гипотезы бутстрапа (см. главы 17 и 18), которые не используют никаких фундаментальных сущностей, но стремятся истолковывать природу мироздания исключительно через ее самосогласованность. Я уже говорил, что считаю гипотезу бутстрапа высшей точкой развития современной научной мысли, и подчеркнул, что именно в этом своем проявлении современная физика ближе всего подходит к восточной философии — как в отношении общей картины мира, так и во взглядах на строение материи. В то же самое время философия бутстрапа представляет собой в высшей степени неординарный подход к физическим явлениям, вследствие чего сторонниками бутстрапа являются далеко не все физики. Большинство же физиков видят в бутстрапе некий элемент, который проявляет чужеродность по отношению к основному направлению развития их науки, и не принимают ее в расчет. Последнее верно и для теории S-матрицы. Не только любопытным, но и чрезвычайно важным представляется то обстоятельство, что несмотря на то, что основные понятия этой теории используются всеми специалистами по физике частиц при анализе результатов экспериментов по рассеиванию и сравнении результатов с положениями их теорий, до сих пор ни одному из тех выдающихся физиков, которые внесли свой вклад в развитие теории S матрицы в течение двух последних десятилетий, не была присуждена Нобелевская премия

Основная задача, стоящая перед теориями S матрицы и бутстрапа, заключалась в том, чтобы объяснить кварковую структуру субатомных частиц. Хотя наше теперешнее понимание субатомного мира исключает возможность существования кварков в виде физических частиц, нет никакого сомнения в том, что адроны обладают кварковыми симметриями, которые должна объяснять любая теория, претендующая на роль успешной теории сильных взаимодействий. До сих пор бутстрап-направлению не удалось объяснить эти поразительные закономерности, но за последние шесть лет в рамках теории S-матрицы появилось совершенно новое направление, вследствие чего возникла теория бутстрапа, которая в своем описании частиц позволяет объяснить кварковые закономерности адронов, не постулируя существования физических кварков. Более того, новая теория бутстрапа освещает несколько таких вопросов, которые до этого не затрагивались вовсе.

Для осознания сущности нового направления необходимо установить значение кварковой структуры в контексте теории S-матрицы. Если в кварковой модели частицы выглядят, по сути дела, почти так же, как бильярдные шары, содержащие внутри себя бильярдные шары меньшего размера, теория S-матрицы, использующая холистический и в высшей степени динамический подход, рассматривает частицы в качестве энергетических структур, возникающих в ходе продолжающегося вселенского процесса и являющихся своего рода корреляциями или взаимосвязями между различными участками неразрывной космической сети. В таком контексте термин "квантовая структура" используется по отношению к тем случаям, в которых перемещения энергии и поток информации в этой сети происходят вдоль некоторых четко определенных линий, что порождает двоичность, связанную с адронами, и троичность, связанную с барионами. Это обстоятельство представляет собой динамический эквивалент заявления о том, что адроны состоят из кварков. В теории S-матрицы нет никаких самостоятельных фундаментальных сущностей и "строительных кирпичиков"; здесь мы имеем дело только с потоками энергии, обнаруживающими ряд четко определенных закономерностей.

Таким образом, вопрос заключается в следующем: как возникают конкретные кварковые закономерности? Ключевой момент в новой теории бутстрапа — понятие порядка как нового важного аспекта физики частиц. В этом контексте понятие порядка эквивалентно понятию порядка, использующемуся по отношению к взаимосвязанности субатомных процессов. Существует несколько способов, при помощи которых могут соотноситься друг с другом реакции частиц, а значит, мы можем назвать несколько различных категорий порядка. Для их классификации используется язык технологии, хорошо известный всем математикам, но не применявшийся до сих пор в физике частиц.

Если объединить такое понимание порядка с математическим каркасом теории S-матрицы, то остается лишь несколько категорий упорядоченных соотношений, которые могут совмещаться с хорошо известными свойствами S-матрицы. Как раз эти категории порядка и являются кварковыми структурами, наблюдающимися на практике. Таким образом, кварковая структура представляется нам воплощением порядка и логическим следствием из требования самосогласованности, без малейшей необходимости постулировать существование кварков как физических составляющих адронов.

Появление нового, центрального, понятия в физике частиц, понятия порядка, не только привело к существенному развитию идей теории S-матрицы, но и оказало сильное воздействие на всю систему научных знаний. В настоящее время понятие порядка в субатомной физике продолжает сохранять свою таинственность и используется далеко не всеми. Тем не менее, заметим, что, как и три принципа строения S-матрицы, понятие порядка играет очень важную роль в определении нашего научного подхода к анализу явлений и природы и занимает центральное место в формировании нашей методики наблюдения. Способность распознать порядок, по-видимому, должна быть существеннейшим аспектом рационального ума. Каждое восприятие паттерна есть, в некотором смысле, восприятие порядка. Разъяснение концепции понятия порядка в поле исследования, где паттерны материи и паттерны ума непрестанно распознаются как отражения одного в другом, обещает, таким образом, раскрыть потрясающие границы познания.

По мнению Джеффри Чу, автора идеи бутстрапа, выполнявшего роль связующей и организующей силы и философского лидера в области теории S-матрицы на протяжении последних двадцати лет, применение методики бутстрапа для анализа других явлений, помимо описания адронов, может вызвать непредвиденную необходимость эксплицитно включить рассмотрение человеческого сознания в будущие теории материи. "Такой шаг в будущем, — писал Чу, — окажет на развитие науки гораздо более сильное воздействие, чем все концепции, входящие в адронный бутстрап... Наша теперешняя борьба с адронным бутстрапом может поэтому стать лишь увертюрой к совершенно новой форме человеческой умственной деятельности" (см. Эпилог).

После того, как почти пятнадцать лет тому назад были написаны эти слова, новые открытия в области теории S-матрицы подвели Чу к мысли о необходимости эксплицитного включения в его концепцию анализа человеческого сознания. Кроме того, из физиков в этом направлении двигается не только Чу. Среди последних исследований одним из самых неожиданных подходов характеризуется новая теория Дэвида Брома, который, по всей видимости, пошел дальше всех в изучении соотношения между сознанием и материей в научном контексте. Подход Бома существенно отличается от подхода нынешней теории S-матрицы своим характером и своего рода претенциозностью в ее лучшем понимании, Его можно рассматривать как попытку "пришнуровать" друг к другу пространство-время и несколько фундаментальных понятий квантовой теории, в целях создания последовательной квантово-релятивистской теории материи.

Отправной точкой для Бома, как я уже говорил в главе 10, было понятие "неразрывного единства". Он рассматривает нелокальные связи, проявляющиеся, в том числе, в эксперименте ЭПР, как существенную часть этого единства. В данном случае нелокальные связи представляются источником статистической формулировки законов квантовой физики, однако Бом собирается опуститься глубже уровня вероятностей и исследовать порядок, который, как считает этот ученый, внутренне присущ космической сети взаимоотношений на более глубоком уровне — уровне "непроявленности". Чу называет такой порядок "имплицитным", или "вложенным" и утверждает, что в рамках этого порядка взаимоотношения внутри целого не имеют ничего общего с локальностью во времени и пространстве, обнаруживая совершенно новую природу — природу вложенности.

Бом развивает свою концепцию имплицитного порядка по аналогии с голограммой, опираясь на способность каждой точки последней содержать в себе все изображение. Осветив любой участок голограммы, мы увидим все изображение в целом, хотя оно будет не таким подробным, как если бы осветили всю голограмму. По мнению Бома, мир действительности структурируется аналогичным образом, с учетом тех же общих принципов, так, что каждая существующая вещь в целом "вкладывается" в каждую из своих составных частей.

Безусловно, Бом отдает себе отчет в том, что метафора голограммы не может передать все содержание его концепции и не может использоваться в качестве научной модели имплицитного порядка на субатомном уровне. Поэтому для обозначения в высшей степени динамической природы действительности на этом уровне он ввел термин "голодвижение", который используется для обозначения основы всех материальных сущностей. В понимании Бона, голодвижение представляет собой динамическое явление, на основе которого образуются все формы материальной Вселенной. Цель такого подхода заключается в рассмотрении порядка, вложенного в это голодвижение, путем описания не структуры объектов, а структуры движения, что позволяет принять во внимание как принципиальное единство вселенной, так и ее динамическую природу.

По мнению Бома, пространство и время тоже являются вложенными формами, обусловленными голодвижением: они тоже вложены в его порядок. Бом считает, что понимание имплицитного порядка будет не только способствовать более глубокому осознанию сущности вероятности в квантовой физике, но и позволит объяснить основные свойства релятивистского пространства-времени. Таким образом, теория имплицитного порядка обеспечивает единую основу для теории относительности и квантовой теории.

Для понимания имплицитного порядка Бом счел нужным рассматривать сознание как неотъемлемый компонент голодвижения и эксплицитно включил его в свою теорию. Он считает, что сознание и материя взаимосвязаны и взаимозависимы, но между ними нет причинных связей. Они представляют собой вложенные друг в друга проекции более высокой реальности, которая не является ни материей, ни сознанием в чистом виде.

На сегодняшний день теория Бома находится еще на стадии становления, и большинство его суждений носит скорее качественный, чем количественный характер, хотя он занимается и разработкой математической основы своей теории, которая должна использовать такие математические понятия, как матрица, и такие разделы математики, как топология. И все же между его теорией имплицитного порядка и теорией бутстрапа существует многообещающее сходство, даже на этом предварительном этапе. Обе эти концепции исходят из понимания мира как динамической сети отношений и выдвигают на центральное место понятие порядка, используют матрицы в качестве средства описания перемен и преобразований, а топологию — в качестве средства более точного определения категорий порядка. Наконец, оба этих подхода признают, что сознание может представлять собой неотъемлемый компонент Вселенной, который в будущем, возможно, войдет в теорию физических явлений. Такие теории могут возникнуть в результате объединения теорий Бома и Чу, которые представляют собой два наиболее изобретательных и глубоких в философском отношении подхода к описанию физической действительности.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Atfyen. H. Worlds-Antiworlda. San Francisco: W. H. Freeman, 1966.
2. Ashvaghosha. The Awakening of Faith. Transl. D. T. Stizuki. Chicago. Open Court, 1900.
3. Aurobindo, S. The Synthesis of Yoga. Pondlcherrff, India: Aurobindo Ashram Press. 1957.
4. — . On Yoga II. Pondicherry. India: Aurobindo Ashram Press. 1958.
5. Bohm, D. and Hiley, B. On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory. Foundations of Phisics, Vol. S. 1975, pp. 93 —109.
6. Bohr. N. Atomic Physics and Human Knowledge. New Yorklohn Wiley & Sons, 1958.
7. — . Atomic Physics and the Description of Nature. Cambridge, Eng.: Cambridge. University Press, 1934.
8. Capek, M. The Philosophical Impact of Contemporarv Physics. Princeton, N. J.: Van Nostrand, 1961.
9. Castaneda, C. The Teachings of Don Juan. New York: Ballantine Books, 1968.
10. — . A Separate Reality. New York: Simon and Schuster, 1971.
11. — . Journey to lxtlan. New York: Simon and Schuster, 1972.
12. — . Tales of Power. New York: Simon and Schuster. 1974.
13. Chew, G. F. ““Bootstrap": A Scientific Idea?”. Science Vol. 161, pp. 762 — 65, May 23, 1968.
14. — . “Hadron Bootstrap: Triumph or Frustration?” Physics Today, Vol. 23. pp. 23 — 28, October 1370.
15. — . "Impasse for the Elementary Particle Concept,” The Great ideas Today. 1974, Chicago, Ill.: Encyclopaedia Britannica, 1974.
16. Chew. G. F.. Gell-Mann, M. and Rosenfeld, A. H. "Strongly Interacting Particles”. Scientific American, Vol. 210 pp. 74 — 83 February 1964.
17. Chuang Tzu. Transl. James Legge, arranged bu Clae Waltham, New York: Ace Books. 1971.
18. Chuang Tzu. Inner Chapters. Transl. Gta-Fu Feng and lane English, New York: Vintage Books, 1974.
19. Coomaraswamy. A. K. Hinduism and Buddhism. Philosophical Library, New York, 1943.
20. — . The Dance of Shiva. New York: The Noonday Press, 1959.
21. Crosland, M. P. (ed.). The Science of Matter. History of Science Reading, Baltimore, Md.: Penguin Books, 1971.
22. David-Neel, A. Tibetan Journey. London: John Lane, 1936.
23. Einstein, A., Essays in Science. New York: Philosophical Library, 1934.
24. — . Out of My Later Years, New York: Philosophical Library, 1950.
25. Einstein. A. ft al., The Principle of Relativity. New York: Dover, 1923.
26. Eliot, C. Japanese Buddhism. New York: Barnes & Noble, 1969.
27. Feynman, R. P., Leighton, R. B. and Sands, M. The Feynman Lectures on Physics. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1966.
28. Ford, K. W. The World of Elementary Particles. New York, Blaisdell, 1965.
29. Fung, Yu-lan. A Short History of Chinese Philosophy, New York: Macmillan. 1958.
30. Gale, G. “Chew's Monadology”. Journal of History of Ideas, Vol. 35. pp. 339 — 48. April — lune 1974.
31. Govinda. L. A. Foundations of Tibetan Mysticism. New York: Samuel Weiser, 1974.
32 — . "Logic and Sumbol in the Multidimensional Conception of the Universev, Main Currents, Vol. 25, pp. 59 — 62, 1969.
33. Guthrie, W. K. C. A History of Greek Philosophy. Cambridge, Eng.: Cambridge University Press, 1969.
34 Heisenberg, W. Physics and Philosophy. New York: Harper Torchbooks, 1958.
35 — . Physics and Beyond, New York, Harper & Row, 1971.
36. Herrigel, E. Zen in the Art of Archery. New York: Vintage Books, 1971.
37. Hoyle, F. The Nature of the Universe. New York: Harper, 1960.
38 — . Frontiers of Astronomy. New York: Harper, 1955. Hate, R. E. The Thirteen Principal Upanisliads. New York: Oxford University Press, 1934.
39. James, W. The Varieties of Religious Experience. New York: Longmans. Green & Co., 1935.
40. Jeans, J. The Growth of Physical Science. Cambridge, Eng.; Cambridge University Press, 1951.

41. Kapleau, P. Three Pillars of Zen. Boston: Beacon Press, 1967.
42. Kennett, J. Selling Water by the River. New York: Vintage Books, 1972.
43. Keynes, G. (ed.). Blake — Complete Writings. New York: Oxford Universify Press, 1969.
44. Kirk G. S. Heraclitus — The Cosmic Fragments. Cambridge, Eng.: Cambridge University Press, 1970.
45. Korrybski, A. Science and Sanity. Lakeville, Conn.: The International Non-Artstotetian Library, 1958.
46 Krishnamurti, J. Freedom from the Known. New York: Harper & Row, 1969.
47. Kuan Tzu, Transl, W. A. Rickett, Hong Kong University Press, 1965.
48. Lao Tzu. Tao Te Ching, transl. Ch'u Ta-Kao. New York: Samuel Weiser, 1973,
49 Lao Tzu. Tao Te Ching, transl. Gia-fu Feng and Jane English. New York: Vintage Books, 1972.
50. Leggett, T. A First Zen Reader. Rutland, Vermont: C. E. Tuttle, 1972.
51. Lovell, A. C. B. The Individual and the Universe. New York: Harper. 1959.
52 — . Our Present Knowledge of the Universe. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. 1967.
53. Maharishi Mahesh Yogi Bhagavad Gita. Chapters 1 — 6, transl. and commentary, Baltimore, Md.: Penguin Books, 1973.
54. Mascara, I, The Bhagavad Gita. Baltimore, Md.: Penguin Books, 1970.
55 — . The Dhammapada. Baltimore, Md.: Penguin Books, 1973.
56. Mehra, J. (ed.). The Physicist's Conception of Nature. D. Reidel, Dordrecht-Holland. 1973.
57. Miura, J. and Fuller-Sasaki, R. The Zen Koan. New York: Harcourt Brace & World, 1965.
58. Mailer, F. M. (ed.). Sacred Books of the East. Vol. XLIX. Buddhist Mahayana Sutras, New York: Oxford University Press.
59. Murti, T. R. V. The Central Philosophy of Buddhism. London Alien & Unwin, 1955.
60. Needham, J. Science and Civilization In China. Cambridge, Eng.; Cambridge University Press. 1956.
61. Oppenheimer, J. R. Science and the Common Understanding. New York: Oxford University Press, 1954.
62. Radhakrishnan, S. Indian Philosophy. New York: Macmillan, 1958.
63. Reps. P. Zen Flesh, Zen Bones. New York: Anchor Books.
64. Ross. N. W. Three Ways of Asian Wisdom. New York: Simon & Schuster. 1966.
65. Russell, B. History of Western Philosophy. New York: Simon & Schuster, 1945.
66. Sacks, Af. "Space-Time and Elementary Interactions in Relativity", Physics Today, Vol. 22, pp. SI — 60. February 1969.
67. Sciama, D. W. The Unity of the Universe. London: Faber and Faber, 1959.
68. Schilpp, P. A. (ed.). Albert Einstein: Philosopher-Scientist, Evanston. Ill.: The Library of Living Philosophers, 1949.
69. Stace, W. T. The Teachings of the Mystics. New York: New American Library, 1960.
70. Stapp, H. P. "S-Matrix interpretation of Quantum Theory" Physical Review, Vol. D3, pp. 1303 — 20. March 15. 1971.
71. Suzuki, D. T. The Essence of Buddhism. Kyoto, Japan: Hozokan, 1968.
72. — . Outlines of Mahayana Buddhism. New York; Schocken Books, 1963.
73. — . On Indian Mahayana Buddhism. E. Conze (ed.). New York: Harper & Row. 1968.
74. — . Zen and Japanese Culture. New York: Bollingen Series, 1959.
75. — . Studies in the Lankavatara Sutra. London: Routledge & Kegan Paul, 1952.
76. — . Preface to B. L. Suzuki, Mahayna Byddhism. London: Alien & Unwin, 1959.
77. Thirring, W. «Urbaasfeine der Materiev". Almanach der Osteneichischen Akademie der Wissenschaften, Vol. 118, pp. 153 — 62. Vienna, Austria. 1968.
78. Vivekananda, S. Jnana Yoga, New York: Ramakrishna-Vivekananda Center. 1972.
79. Watts, A. W. The Way of Zen. New York: Vintage Books. 1957.
80. Weisskopf, V. F. Physics in the Twentieth Century. Selected Essays, Cambridge, Mass.: M. I. T. Press. 1972.
81. Weyl, H. Philosophy of Mathematics and Natural Science. Princeton, N.Y. Princeton University Press, 1949.
82. Whitehead, A. N. The Interpretation of Science. Selected Essays, A. H. lohnson (ed.). Indianapolis. N. Y.: Bobbs-Merrill. 1961.
83. Wiener, P. P. Leibnitz — Selections, New York, 1951.
84. Wigner, E. P. Symmetries and Reflections. Scientific Essays, Cambridg. Mass.: M. I. T. Press. 1970.
85. Wilhelm, H. Change — Eight Lectures on the I Ching. New York: Harper Torchbooks, 1964.
86. Whelm, R. The I Ching or Book of Changes. Princeton. N. J.: Princeton University Press. 1967.
87. The Secret of the Golden Flower. London, 1972.
88. Woodward, F. L. (transl. and ed.). Some Sayings of the Buddha. New York: Oxford University Press. 1973.
89. Zimmer. H. Myths end Symbols in Indian Art and Civilization. Princeton, N. J: Princeton University Press. 1972.