

Вернер
Гейзенберг

ФИЗИКА
И ФИЛОСОФИЯ

ЧАСТЬ
И ЦЕЛОЕ

В. ГЕЙЗЕНБЕРГ

ФИЗИКА
И ФИЛОСОФИЯ
ЧАСТЬ И ЦЕЛОЕ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1989

ББК 22.3
Г29
УДК 53(091)

Гейзенберг В. **Физика и философия. Часть и целое**: Пер. с нем. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 400 с.— ISBN 5-02-012452-9

В книге выдающегося физика-теоретика, одного из создателей квантовой механики и общей теории поля, лауреата Нобелевской премии Вернера Гейзенберга рассказывается о философских проблемах перехода от ньютоновского представления об основных элементах мироздания к современным теориям; о прошлом и будущем естествознания; о значении науки.

Раздел «Часть и целое» написан как творческая автобиография ученого, мыслителя и человека, живое свидетельство эпохи становления квантовой механики и первых шагов атомной техники.

Для физиков (научных работников, аспирантов и студентов), а также для тех, кто интересуется историей развития физических представлений.

Печатается с изданий

Werner Heisenberg
Physik und Philosophie
Frankfurt am Main, 1959

Werner Heisenberg
Der Teil und das Ganze
Gespräche im Umkreis der Atomphysik
München, 1969

Г $\frac{1604010000-100}{053(02)-89}$ КБ 28-20-89

ISBN 5-02-012452-9

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, перевод на
русский язык, составление,
примечания и комментарии,
статья А. В. Ахутина, 1989

ФИЗИКА И ФИЛОСОФИЯ

Перевод с немецкого
И. А. АКЧУРИНА, Э. П. АНДРЕЕВА

Предисловие	5
I. Значение современной физики в наше время	7
II. История квантовой теории	9
III. Копенгагенская интерпретация квантовой теории	19
IV. Квантовая теория и истоки учения об атоме	28
V. Развитие философских идей после Декарта в сравнении с современным положением в квантовой теории	40
VI. Соотношение квантовой теории и других областей современного естествознания	52
VII. Теория относительности	64
VIII. Критика и контрпредложения в отношении копенгагенской интерпретации квантовой теории	77
IX. Квантовая теория и строение материи	89
X. Язык и реальность в современной физике	104
XI. Роль новой физики в современном развитии человеческого мышления	118
Примечания и комментарии	131

ПРЕДИСЛОВИЕ*

В различных университетах Шотландии ежегодно читаются так называемые гиффордовские лекции. Эти лекции, по завещанию основателя, имеют своим предметом естественную теологию. С естественной теологией связана такая точка зрения на вопросы бытия, которая является результатом отказа от какой-либо частной религии или мировоззрения. Чаще всего цели, которые преследуют эти лекции, предполагают не специальное изложение отдельных проблем науки, а ее философские основы и мировоззренческие выводы. Поэтому перед автором, когда в зимний семестр 1955/56 года он должен был читать гиффордовские лекции в Университете св. Андрея, была поставлена задача показать связи между современной атомной физикой и общими философскими вопросами. Данная книга представляет собой немецкое издание этих лекций, первоначально вышедших в США на английском языке.

Лекции были рассчитаны на широкий круг студентов, не обязательно физиков, интересующихся естествознанием и философией. Автор дает себе отчет в том, что понимание отдельных разделов книги для неспециалистов-физиков будет представлять большие трудности. При трудности самого предмета этого едва ли можно избежать; тем не менее было приложено много сил для изложения важнейших вопросов так, чтобы они могли быть понятны и читателям-неспециалистам. Наиболее трудным разделом является, по-видимому, раздел, излагающий контринтерпретации к копенгагенской интерпретации квантовой теории; в этом разделе читателем, который не знаком с физи-

* Печатается с издания: В. Гейзенберг. Физика и философия. М.: Издательство иностранной литературы, 1963.

кой, могут быть опущены некоторые детали, так как они не особенно важны для дальнейших выводов. В интересах большей доступности книги иногда допускаются повторения.

Выводы современной физики, о которых здесь идет речь, во многом изменили представление о мире, унаследованное от прошлого века. Они вызывают переворот в мышлении и потому касаются широкого круга людей. Предлагаемая книга имеет целью помочь подготовить почву для этого переворота.

Мюнхен, 1959 г.

В. Гейзенберг

I. ЗНАЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ В НАШЕ ВРЕМЯ

Когда сегодня говорят о современной физике, то первая мысль, которая при этом возникает, связана с атомным оружием. Каждый знает, какое огромное влияние оказывает это оружие на политическую жизнь нашего времени. Каждый также знает, что сегодня физика оказывает на общее положение в мире гораздо большее влияние, чем когда-либо прежде. Все же мы должны спросить, действительно ли изменения, произведенные современной физикой в политической сфере, являются важнейшим ее результатом. Что останется от влияния современной физики, если мир в своей политической структуре будет соответствовать новым техническим возможностям?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно вспомнить, что каждое орудие несет в себе дух, благодаря которому оно создано. Так как каждая нация и каждая политическая группировка независимо от ее географического расположения или культурных традиций должна быть заинтересована в новом оружии, то дух современной физики будет проникать в сознание многих народов и будет связан самыми различными путями с прежними традициями. Что в конце концов произойдет на нашей земле в результате столкновения специальной области современной науки и весьма различных древних традиций? В тех частях мира, в которых развито современное естествознание, непосредственные интересы, направленные с давних времен прежде всего на практическое применение открытий естествознания в промышленности и технике, сочетаются с рациональным анализом внешних и внутренних условий такого применения. Народам этих стран сравнительно легко будет справиться с новыми идеями, ибо у них было достаточно времени для медленного и постепенного приспособления к современному техническому и естественнонаучному методу мышления. Однако в других частях мира эти идеи довольно неожиданно сталкиваются с основными религиозными и философскими представлениями национальной культуры. Ввиду того что результаты современной физики снова ставят нас перед необходимостью обсуждения таких основополагающих понятий, как реальность, пространство и время, это столкновение может привести к совершенно новому изменению мышления, пути которого нельзя еще предвидеть. Характерной чертой столкновения современного естествознания с прежним традиционным методом мышления является

полная интернациональность современного естествознания. Одна сторона в этом обмене идей, именно прежняя традиция, неодинакова в различных частях мира, а другая — повсюду одна и та же, и, следовательно, результаты этого обмена быстро распространяются на все области, где вообще имеет место дискуссия.

По этой причине весьма важной задачей, быть может, является попытка, не прибегая только к специальному языку, обсудить идеи современной физики, рассмотреть философские выводы из них и сравнить их с некоторыми из прежних традиций. Вероятно, лучший путь обсуждения проблем современной физики заключается в историческом описании развития квантовой теории, которая в действительности есть только особый раздел атомной физики; сама атомная физика опять же есть только весьма ограниченная область современного естествознания. Однако можно, пожалуй, сказать, что самые большие изменения в представлениях о реальности произошли именно в квантовой теории; новые идеи атомной физики сконцентрированы и, так сказать, выкристаллизованы в той окончательной форме, которую приняла наконец квантовая теория. Глубокое впечатление и тревогу эта область современного естествознания вызывает в связи с чрезвычайно дорогим и сложным экспериментальным оборудованием, необходимым для исследований по ядерной физике. Все же в отношении того, что касается экспериментальной техники, современная ядерная физика является только прямым следствием метода исследования, который всегда, со времен Гюйгенса, Вольта и Фарадея, определял развитие естествознания. Точно так же можно сказать, что обескураживающая математическая сложность некоторых разделов квантовой теории представляет собой лишь крайнее развитие методов, которые были открыты Ньютоном, Гауссом и Максвеллом. Но изменения в представления о реальности, ясно выступающие в квантовой теории, не являются простым продолжением предшествующего развития. По-видимому, здесь речь идет о настоящей ломке в структуре естествознания. Поэтому следующая глава должна быть посвящена обсуждению исторического развития квантовой теории.

II. ИСТОРИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

Возникновение квантовой теории связано с известным явлением, которое вовсе не принадлежит к центральным разделам атомной физики. Любой кусок вещества, будучи нагрет, начинает светиться и при повышении температуры становится красным, а затем — белым. Цвет почти не зависит от вещества и для черного тела определяется исключительно температурой. Поэтому излучение, производимое таким черным телом при высокой температуре, является интересным объектом для физического исследования. Поскольку речь идет о простом явлении, то для него должно быть дано и простое объяснение на основе известных законов излучения и теплоты. Попытка такого объяснения, предпринятая Рэлеем и Джинсом в конце XIX века, столкнулась с весьма серьезными затруднениями. К сожалению, эти трудности нельзя объяснить с помощью простых понятий. Вполне достаточно сказать, что последовательное применение известных в то время законов природы не привело к удовлетворительным результатам.

Когда научные занятия привели Планка в 1895 году в эту область исследований, он попытался на первый план выдвинуть не проблему излучения, а проблему излучающего атома. Хотя поворот в сторону излучающего атома и не устранил серьезных трудностей, однако благодаря этому стали проще их интерпретация и объяснение эмпирических результатов. Как раз в это время, летом 1900 года, Курльбаум и Рубенс произвели новые чрезвычайно точные измерения спектра теплового излучения. Когда Планк узнал об этих измерениях, он попытался выразить их с помощью несложных математических формул, которые на основании его исследований взаимосвязи теплоты и излучения представлялись ему правдоподобными. Однажды Планк и Рубенс встретились за чаем в доме Планка и сравнили эти результаты Рубенса с формулой, которую предложил Планк для объяснения результатов измерений Рубенса. Сравнение показало полное соответствие. Таким образом был открыт закон теплового излучения Планка.

Для Планка это открытие было только началом интенсивных теоретических исследований. Стоял вопрос: какова правильная физическая интерпретация новой формулы? Так как Планк на основании своих более ранних работ легко мог истолковать эту формулу как утверждение об излучающем атоме (так называемом осцилляторе), он вскоре понял, что его формула имеет такой вид, как если бы

осциллятор изменял свою энергию не непрерывно, а лишь отдельными квантами и если бы он мог находиться только в определенных состояниях или, как говорят физики, в дискретных состояниях энергии. Этот результат так отличался от всего, что знали в классической физике, что вначале Планк, по-видимому, отказывался в него верить. Но в период наиболее интенсивной работы, осенью 1900 года, он наконец пришел к убеждению, что уйти от этого вывода невозможно. Как утверждает сын Планка, его отец рассказывал ему, тогда еще ребенку, о своих новых идеях во время долгих прогулок по Грюневальду. Он объяснял, что чувствует — либо он сделал открытие первого ранга, быть может, сравнимое только с открытиями Ньютона, либо он полностью ошибается. В это же время Планку стало ясно, что его формула затрагивает самые основы описания природы, что эти основы претерпят серьезное изменение и изменят свою традиционную форму на совершенно неизвестную. Планк, будучи консервативным по своим взглядам, вовсе не был обрадован этими выводами. Однако в декабре 1900 года он опубликовал свою квантовую гипотезу.

Мысль о том, что энергия может испускаться и поглощаться лишь дискретными квантами энергии, была столь новой, что она выходила за традиционные рамки физики. Оказалась напрасной в существенных чертах попытка Планка примирить новую гипотезу со старыми представлениями об излучении. Прошло около пяти лет, прежде чем в этом направлении был сделан следующий шаг.

На этот раз именно молодой Альберт Эйнштейн, революционный гений среди физиков, не побоялся отойти еще дальше от старых понятий. Эйнштейн нашел две новые проблемы, в которых он успешно применил представления Планка. Первой проблемой был проблема фотоэлектрического эффекта: выбивание из металла электронов под действием света. Опыты, особенно точно произведенные Ленардом, показали, что энергия испускаемых электронов зависит не от интенсивности света, а только от цвета или, точнее говоря, от частоты, или длины волны света. На базе прежней теории излучения это объяснить было нельзя. Однако Эйнштейн объяснил данные наблюдений, опираясь на гипотезу Планка, которую он интерпретировал с помощью предположения, что свет состоит из так называемых световых квантов, то есть из квантов энергии, которые движутся в пространстве подобно маленьким корпускулам. Энергия отдельного светового кванта, в согласии с гипотезой Планка, должна равняться частоте света, помноженной на постоянную Планка.

Другой проблемой была проблема удельной теплоемкости твердых тел. Существовавшая теория удельной теплоемкости приводила к величинам, которые хорошо согласовывались с экспериментом в области высоких температур, но при низких температурах были много выше наблюдаемых величин. Эйнштейн снова сумел показать, что подобное поведение твердых тел можно понять благодаря квантовой гипотезе Планка, применяя ее к упругим колебаниям атомов в твердом теле. Эти два результата были большим шагом вперед на

пути дальнейшего развития новой теории, в силу того что они обнаружили планковскую постоянную действия в различных областях, непосредственно не связанных с проблемой теплового излучения. Эти результаты выявили и глубоко революционный характер новой гипотезы, ибо трактовка Эйнштейном квантовой теории привела к такому объяснению природы света, которое полностью отличалось от привычного со времени Гюйгенса объяснения на основе волнового представления. Следовательно, свет может быть объяснен или как распространение электромагнитных волн — факт, который принимали на основе работ Максвелла и опытов Герца, — или как нечто, состоящее из отдельных «световых квантов», или «энергетических пакетов», которые с большой скоростью движутся в пространстве. А может ли свет быть и тем и другим? Эйнштейн, конечно, знал, что известные опыты по дифракции и интерференции могут быть объяснены только на основе волновых представлений. Он также не мог оспаривать наличие полного противоречия между своей гипотезой световых квантов и волновыми представлениями. Эйнштейн даже не пытался устранить внутренние противоречия своей интерпретации. Он принял противоречия как нечто такое, что, вероятно, может быть понято много позднее благодаря совершенно новому методу мышления.

Тем временем эксперименты Беккереля, Кюри и Резерфорда привели к несколько большей ясности в отношении строения атома. В 1911 году Резерфорд на основании наблюдений прохождения α -лучей через вещество предложил свою знаменитую модель атома. Атом состоит из атомного ядра, положительно заряженного и содержащего почти всю массу атома, и электронов, которые движутся вокруг ядра, подобно тому как планеты движутся вокруг Солнца. Химическая связь между атомами различных элементов объясняется взаимодействием между внешними электронами соседних атомов. Химическая связь непосредственно не имеет отношения к ядру. Атомное ядро определяет химические свойства атома лишь косвенно через свой электрический заряд, так как последний определяет число электронов в нейтральном атоме. Эта модель, правда, не могла объяснить одну из самых характерных черт атома, а именно его удивительную устойчивость. Никакая планетная система, которая подчиняется законам механики Ньютона, никогда после столкновения с другой подобной системой не возвратится в свое исходное состояние. В то время как, например, атом углерода остается атомом углерода и после столкновения с другими атомами или после того, как он, вступив во взаимодействие с другими атомами, образовал химическое соединение.

Объяснение этой необычной устойчивости было дано в 1913 году Нильсом Бором путем применения квантовой гипотезы Планка к модели атома Резерфорда. Если атом может изменять свою энергию только прерывно, то это должно означать, что атом существует лишь в дискретных стационарных состояниях, низшее из которых есть нормальное состояние атома. Поэтому после любого

взаимодействия атом в конечном счете всегда возвращается в это нормальное состояние.

Бор, применяя квантовую теорию к модели атома, сумел не только объяснить устойчивость атома, но в некоторых простых случаях сумел также дать теоретическое объяснение линейных спектров, образующихся при возбуждении атомов посредством электрического разряда или теплоты. Его теория при описании движения электронов покоилась на соединении классической механики и квантовых условий, которые налагаются на классические законы движения для выделения дискретных стационарных состояний среди других состояний. Позднее Зоммерфельд дал точную математическую формулировку этих условий¹. Бору было ясно, что квантовые условия в известном смысле разрушают внутреннюю прочность ньютоновской механики. В простейшем случае атома водорода на основании теории Бора можно рассчитать частоту излучаемого света, и согласие теоретических расчетов с наблюдениями оказывалось полным. В действительности эти частоты отличались от орбитальных частот электронов и высших гармоник этих частот, и это обстоятельство сразу показало, что теория еще полна противоречий. Несмотря на это, она, по всей вероятности, содержала большую долю истины. Она качественно объяснила химические свойства атомов и их линейные спектры. Существование дискретных стационарных состояний было непосредственно подтверждено и опытами: в экспериментах Франка и Герца, Штерна и Герлаха.

Таким образом, теория Бора открыла новую область исследований. Большое количество экспериментального материала, полученного спектроскопией в течение нескольких десятилетий, теперь при изучении квантовых законов движения электронов стало источником информации. Для той же самой цели могли быть использованы многие эксперименты химиков. Имея дело с этим экспериментальным материалом, физики постепенно научились ставить правильные вопросы. А ведь часть правильно поставленный вопрос означает больше чем наполовину решение проблемы. Каковы эти вопросы? Практически почти все они имели дело с явными и удивительными противоречиями в результатах различных опытов. Как может быть, что одно и то же излучение, которое образует интерференционную картину и доказывает тем самым существование лежащего в основе волнового движения, производит одновременно и фотоэлектрический эффект и потому должно состоять из движущихся световых квантов? Как может быть, что частота орбитального движения электронов в атоме не является также и частотой испускаемого излучения? Разве не означает это, что нет никакого орбитального движения? Но если представление об орбитальном движении неверно, то что в таком случае происходит с электроном внутри атома? Можно видеть те электроны, которые движутся в камере Вильсона; некоторые из них до этого являлись составной частью атома и были выбиты из атома. Почему, следовательно, внутри атома они не двигаются таким же образом? Можно было бы, пожалуй, представить себе,

что в нормальном состоянии атома электроны покоятся. Но ведь имеются состояния с более высокой энергией, в которых электроны обладают вращательным моментом, и поэтому в этих состояниях абсолютно исключено состояние покоя электронов. Можно перечислить много подобных примеров. Все отчетливее стали понимать, что попытка описать атомные процессы в понятиях обычной физики приводит к противоречиям. К началу 20-х годов физики постепенно освоились с этими трудностями. У них выработалась своего рода интуиция, правда не очень ясная, в отношении того, где, по всей вероятности, будут иметь место затруднения, и они научились избегать эти затруднения. Наконец, они узнали, какое в данном опыте описание атомных процессов приведет к правильному результату. Этого знания было недостаточно для того, чтобы дать общую непротиворечивую картину квантовых процессов, но оно так изменило мышление физиков, что они в некоторой степени прониклись духом квантовой теории.

Уже в течение некоторого времени до того, как была дана строгая формулировка квантовой теории, знали более или менее точно, каков будет результат того или иного эксперимента.

Часто обсуждали так называемые «мысленные эксперименты». Такие эксперименты изобретали для того, чтобы выяснить какой-либо особенно важный вопрос, вне зависимости от того, может ли быть проведен фактически этот эксперимент или нет. Конечно, важно было, чтобы эксперимент мог быть осуществим в принципе — при этом экспериментальная техника могла быть любой сложности. Эти мысленные эксперименты оказались чрезвычайно полезными при выяснении некоторых проблем. Там, где в отношении вероятного результата такого эксперимента невозможно было добиться согласия между физиками, часто удавалось придумать подобный, но более простой эксперимент, который фактически можно было выполнить; экспериментальный результат значительно содействовал разъяснению квантовой теории.

Удивительнейшим событием тех лет был тот факт, что по мере этого разъяснения парадоксы квантовой теории не исчезали, а, наоборот, выступали во все более явной форме и приобретали все большую остроту. Например, в то время был произведен опыт Комптона по рассеянию рентгеновских лучей. На основании прежних опытов по интерференции рассеянного света было совершенно очевидным, что рассеяние происходит в основном следующим образом: падающая световая волна выбивает из пучка электрон, колеблющийся с той же самой частотой; затем колеблющийся электрон испускает сферическую волну с частотой падающей волны и вызывает тем самым рассеянный свет. Однако в 1923 году Комpton обнаружил, что частота рассеянных рентгеновских лучей отличается от частоты падающих лучей². Это изменение частоты можно объяснить, предполагая, что рассеяние представляет собой столкновение кванта света с электроном. При ударе энергия светового кванта изменяется, а так как произведение частоты на постоянную Планка равняется

энергии кванта света, частота также должна измениться. Но как в этом случае объяснить световые волны? Оба эксперимента — один по интерференции рассеянного света, другой по изменению частоты рассеянного света — настолько противоречат друг другу, что, по-видимому, выход найти невозможно.

В это время многие физики были уже убеждены в том, что эти явные противоречия принадлежат к внутренней природе атомной физики. Поэтому де Бройль во Франции в 1924 году попытался распространить дуализм волнового и корпускулярного описания и на элементарные частицы материи, в частности на электроны. Он показал, что движению электрона может соответствовать некоторая волна материи, так же как движению светового кванта соответствует световая волна. Конечно, в то время не было ясно, что означает в этой связи слово «соответствовать». Де Бройль предложил объяснить условия квантовой теории Бора с помощью представления о волнах материи. Волна, движущаяся вокруг ядра атома, по геометрическим соображениям может быть только стационарной волной; длина орбиты должна быть кратной целому числу длин волн. Тем самым де Бройль предложил перекинуть мост от квантовых условий, которые оставались чуждым элементом в механике электронов, к дуализму волн и частиц.

Таким образом, в теории Бора различие между вычисленной орбитальной частотой электрона и частотой излучения показывало ограниченность понятия «электронная орбита». Ведь с самого начала это понятие вызывало большие сомнения. С другой стороны, в случае сильно возбужденных состояний, в которых электроны движутся на большом расстоянии от ядра, нужно согласиться с тем, что электроны движутся так же, как они двигаются, когда их видят в камере Вильсона. Следовательно, в этом случае можно употреблять понятие «электронная орбита». В силу этого представляется весьма удовлетворительным тот факт, что именно для сильно возбужденных состояний частота излучения приближается к орбитальной частоте (точнее говоря, к орбитальной частоте и высшим гармоническим составляющим этой частоты). Бор уже в одной из своих первых работ утверждал, что интенсивность спектральных линий излучения приблизительно должна согласовываться с интенсивностью соответствующих гармонических составляющих. Этот так называемый принцип соответствия оказался весьма полезным для приближенного расчета интенсивности спектральных линий. Таким образом, создалось впечатление, что теория Бора дает качественную, а не количественную картину того, что происходит внутри атома, и что по меньшей мере некоторые новые черты в поведении материи качественно могут быть выражены с помощью квантовых условий, которые со своей стороны как-то связаны с дуализмом волн и частиц.

Точная математическая формулировка квантовой теории сложилась в конечном счете в процессе развития двух различных направлений. Одно направление было связано с принципом соответствия Бора. На этом направлении нужно было прежде всего отказаться

от понятия «электронная орбита» и использовать его лишь приближенно в предельном случае больших квантовых чисел, то есть больших орбит. В этом последнем случае частота и интенсивность излучения некоторым образом соответствуют электронной орбите. Излучение соответствует тому, что математики называют «фурье-представлением» орбиты электрона. Таким образом, вполне логична мысль, что механические законы следует записывать не как уравнения для координат и скоростей электронов, а как уравнения для частот и амплитуд их разложения Фурье. Исходя из таких представлений, возникает возможность перейти к математически представляемым отношениям для величин, которые соответствуют частоте и интенсивности излучения. Эта программа действительно могла быть осуществлена. Летом 1925 года она привела к математическому формализму, который был назван «матричной механикой», или, вообще говоря, квантовой механикой. Уравнения движения механики Ньютона были заменены подобными уравнениями для линейных алгебраических форм, которые в математике называются матрицами. Весьма удивительно, что многие из старых результатов механики Ньютона, как, например, сохранение энергии, остались и в новом формализме. Позднее исследования Борна, Йордана и Дирака показали, что матрицы, представляющие координаты и импульсы электрона, не коммутируют друг с другом. На языке математики этот факт указывал на самое сильное из существенных различий между квантовой механикой и классической механикой.

Другое направление исходило из идей де Бройля о волнах материи. Шредингер попытался записать волновое уравнение для стационарных волн де Бройля, окружающих атомное ядро. В начале 1926 года ему удалось вывести значения энергии для стационарных состояний атома водорода в качестве собственных значений своего волнового уравнения, и он сумел дать общее правило преобразования данных классических уравнений в соответствующие волновые уравнения, которые, правда, относятся к некоторому абстрактному математическому пространству, именно многомерному конфигурационному пространству. Позднее он показал, что его волновая механика математически эквивалентна более раннему формализму квантовой или матричной механики. Таким образом, мы получили наконец непротиворечивый математический формализм, который можно выразить двумя равноправными способами: или с помощью матричных соотношений, или с помощью волновых уравнений. Этот математический формализм дал верные значения энергии для атома водорода. Понадобилось меньше года, чтобы обнаружить, что верные результаты получаются и для атома гелия и в более сложном случае — для тяжелых атомов. Однако собственно в каком смысле новый формализм описывает атомные явления? Ведь парадоксы корпускулярной и волновой картины еще не были решены, они только содержались в скрытом виде в математической схеме.

В направлении действительного понимания квантовой теории первый и очень интересный шаг уже в 1924 году был сделан Бором,

Крамерсом и Слэтером³. Они попытались устранить кажущееся противоречие между волновой и корпускулярной картинами с помощью понятия волны вероятности. Электромагнитные световые волны толковались не как реальные волны, а как волны вероятности, интенсивность которых в каждой точке определяет, с какой вероятностью в данном месте может излучаться и поглощаться атомом квант света. Это представление вело к заключению, что, по-видимому, законы сохранения энергии и динамических переменных в каждом отдельном случае могут не выполняться и речь идет, следовательно, о статистических законах; так что энергия сохраняется только в статистическом среднем. В действительности этот вывод был неверен, а взаимосвязь волновой и корпускулярной картин излучения позднее оказалась еще более сложной.

Однако работа Бора, Крамера и Слэтера содержала уже существенную черту верной интерпретации квантовой теории. С введением волны вероятности в теоретическую физику было введено совершенно новое понятие. В математике или статистической механике волна вероятности означает суждение о степени нашего знания фактической ситуации. Бросая кость, мы не можем проследить детали движения руки, определяющие выпадение кости, и поэтому говорим, что вероятность выпадения отдельного номера равно одной шестой, поскольку кость имеет шесть граней. Но волна вероятности, по Бору, Крамерсу и Слэтеру, была чем-то гораздо большим. Она означала нечто подобное стремлению к определенному протеканию событий. Она означала количественное выражение старого понятия «потенция» аристотелевской философии. Она ввела странный вид физической реальности, который находится приблизительно посередине между возможностью и действительностью.

Позднее, когда было закончено математическое оформление квантовой теории, Борн использовал эту идею волны вероятности и дал на языке формализма ясное определение математической величины, которую можно интерпретировать как волну вероятности. Волна вероятности являлась не трехмерной волной типа радиоволн или упругих волн, а волной в многомерном конфигурационном пространстве. Эта абстрактная математическая величина стала известной благодаря исследованиям Шредингера.

Даже в это время, летом 1926 года, еще не в каждом случае было ясно, как следует использовать математический формализм, чтобы дать описание данной экспериментальной ситуации. Правда, тогда уже знали, как описывать стационарные состояния, но не было еще известно, как объяснить гораздо более простые явления, например движение электрона в камере Вильсона.

Когда летом 1926 года Шредингер показал, что формализм его волновой механики математически эквивалентен квантовой механике, он в течение некоторого времени совсем отказывался от представления о квантах и квантовых скачках и пытался заменить электроны в атоме трехмерными волнами материи. Поводом к такой попытке было то, что, по его теории, уровни энергии атома водорода являются

собственными частотами некоторых стационарных волн. Поэтому Шредингер полагал, что будет ошибкой считать их значениями энергии; они являются частотами, а вовсе не энергией; однако во время дискуссии, которая происходила в Копенгагене осенью 1926 года между Бором и Шредингером и копенгагенской группой физиков, стало очевидным, что такая интерпретация недостаточна даже для объяснения планковского закона теплового излучения⁴.

В течение нескольких месяцев, последовавших за этой дискуссией, интенсивное изучение в Копенгагене всех вопросов, связанных с интерпретацией квантовой теории, привело наконец к законченному и, как считают многие физики, удовлетворительному объяснению всей ситуации. Однако оно не было тем объяснением, которое можно было легко принять. Я вспоминаю многие дискуссии с Бором, длившиеся до ночи и приводившие нас почти в отчаяние. И когда я после таких обсуждений предпринимал прогулку в соседний парк, передо мною снова и снова возникал вопрос, действительно ли природа может быть такой абсурдной, какой она предстает перед нами в этих атомных экспериментах.

Окончательное решение пришло с двух сторон. Один из путей сводился к переформулировке вопроса. Вместо того чтобы спрашивать, как можно данную экспериментальную ситуацию описывать с помощью известной математической схемы, ставится другой вопрос: верно ли, что в природе встречается только такая экспериментальная ситуация, которая выражается в математическом формализме квантовой теории? Предположение, что это верная постановка вопроса, вело к ограничению применения понятий, со времени Ньютона составлявших основу классической физики. Правда, можно было говорить, как в механике Ньютона, о координате и скорости электрона. Эти величины можно и наблюдать и измерять. Но нельзя обе эти величины одновременно измерять с любой точностью. Оказалось, что произведение этих обеих неопределенностей не может быть меньше постоянной Планка (деленной на массу частицы, о которой в данном случае шла речь).

Подобные соотношения могут быть сформулированы для других экспериментальных ситуаций. Они называются соотношением неточностей или принципом неопределенности. Тем самым было установлено, что старые понятия не совсем точно удовлетворяют природе.

Другой путь был связан с понятием дополнительности Бора. Шредингер описывал атом как систему, которая состоит не из ядра и электронов, а из атомного ядра и материальных волн.

Несомненно, эта картина волн материи также содержит долю истины. Бор рассматривал обе картины — корпускулярную и волновую — как два дополнительных описания одной и той же реальности. Каждое из этих описаний может быть верным только отчасти. Нужно указать границы применения корпускулярной картины, так же как и применения волновой картины, ибо иначе нельзя избежать противоречий. Но если принять во внимание границы,

обусловленные соотношением неопределенностей, то противоречия исчезают.

Таким образом, в начале 1927 года пришли наконец к непротиворечивой интерпретации квантовой теории, которую часто называют копенгагенской интерпретацией. Эта интерпретация выдержала испытание на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе осенью 1927 года. Те эксперименты, которые вели к досадным парадоксам, вновь дискутировались во всех подробностях, особенно Эйнштейном. Были найдены новые мысленные эксперименты с целью обнаружить оставшиеся внутренние противоречия теории, однако теория оказалась свободной от них и, по-видимому, удовлетворяла всем экспериментам, которые были известны к тому времени.

Детали этой копенгагенской интерпретации составляют предмет следующей главы. Быть может, следует указать на тот факт, что потребовалось более четверти века на то, чтобы продвинуться от гипотезы Планка о существовании кванта действия до действительного понимания законов квантовой теории. Отсюда понятно, как велики должны быть изменения в наших основных представлениях о реальности, для того чтобы можно было окончательно понять новую ситуацию.

III. КОПЕНГАГЕНСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

Копенгагенская интерпретация квантовой теории начинается с парадокса. Каждый физический эксперимент, безразлично относится ли он к явлениям повседневной жизни или к явлениям атомной физики, должен быть описан в понятиях классической физики. Понятия классической физики образуют язык, с помощью которого мы описываем наши опыты и результаты. Эти понятия мы не можем заменить ничем другим, а применимость их ограничена соотношением неопределенностей. Мы должны иметь в виду ограниченную применимость классических понятий, и не пытаться выходить за рамки этой ограниченности. А чтобы лучше понять этот парадокс, необходимо сравнить интерпретацию опыта в классической и квантовой физике.

Например, в ньютоновской небесной механике мы начинаем с того, что определяем положение и скорость планеты, движение которой собираемся изучать. Результаты наблюдения переводятся на математический язык благодаря тому, что из наблюдений выводятся значения координат и импульса планеты. Затем из уравнения движения, используя эти численные значения координат и импульса для данного момента времени, получают значения координат или какие-либо другие свойства системы для последующих моментов времени. Таким путем астроном предсказывает движение системы. Например, он может предсказать точное время солнечного затмения.

В квантовой теории все происходит по-иному. Допустим, нас интересует движение электрона в камере Вильсона, и мы посредством некоторого наблюдения определили координаты и скорость электрона. Однако это определение не может быть точным. Оно содержит по меньшей мере неточности, обусловленные соотношением неопределенностей, и, вероятно, кроме того, будет содержать еще большие неточности, связанные с трудностью эксперимента. Первая группа неточностей дает возможность перевести результат наблюдения в математическую схему квантовой теории. Функция вероятности, описывающая экспериментальную ситуацию в момент измерения, записывается с учетом возможных неточностей измерения. Эта функция вероятностей представляет собой соединение двух различных элементов: с одной стороны — факта, с другой стороны — степени нашего знания факта. Эта функция характеризует фактически достоверное, поскольку приписывает начальной ситуации вероятность,

равную единице. Достоверно, что электрон в наблюдаемой точке движется с наблюдаемой скоростью. «Наблюдаемо» здесь означает — наблюдаемо в границах точности эксперимента. Эта функция характеризует степень точности нашего знания, поскольку другой наблюдатель, быть может, определил бы положение электрона еще точнее. По крайней мере в некоторой степени экспериментальная ошибка или неточность эксперимента рассматривается не как свойство электронов, а как недостаток в нашем знании об электроне. Этот недостаток знания также выражается с помощью функции вероятности.

В классической физике в процессе точного исследования ошибки наблюдения также учитываются. В результате этого получают распределение вероятностей для начальных значений координат и скоростей, и это имеет некоторое сходство с функцией вероятности квантовой механики. Однако специфическая неточность, обусловленная соотношением неопределенностей, в классической физике отсутствует.

Если в квантовой теории из данных наблюдения определена функция вероятности для начального момента, то можно рассчитать на основании законов этой теории функцию вероятности для любого последующего момента времени. Таким образом, заранее можно определить вероятность того, что величина при измерении будет иметь определенное значение. Например, можно указать вероятность, что в определенный последующий момент времени электрон будет найден в определенной точке камеры Вильсона. Следует подчеркнуть, что функция вероятности не описывает само течение событий во времени. Она характеризует тенденцию события, возможность события или наше знание о событии. Функция вероятности связывается с действительностью только при выполнении одного существенного условия: для выявления определенного свойства системы необходимо произвести новые наблюдения или измерения. Только в этом случае функция вероятности позволяет рассчитать вероятный результат нового измерения. При этом снова результат измерения дается в понятиях классической физики. Поэтому теоретическое истолкование включает в себя три различные стадии. Во-первых, исходная экспериментальная ситуация переводится в функцию вероятности. Во-вторых, устанавливается изменение этой функции с течением времени. В-третьих, делается новое измерение, а ожидаемый результат его затем определяется из функции вероятности. Для первой стадии необходимым условием является выполнимость соотношения неопределенностей. Вторая стадия не может быть описана в понятиях классической физики; нельзя указать, что происходит с системой между начальным измерением и последующими. Только третья стадия позволяет перейти от возможного к фактически осуществляющемуся.

Мы разъясним эти три ступени на простом мысленном эксперименте. Уже отмечалось, что атом состоит из атомного ядра и электронов, которые двигаются вокруг ядра. Также было установлено, что

понятие электронной орбиты в некотором смысле сомнительно. Однако вопреки последнему утверждению можно сказать, что все же, по крайней мере в принципе, можно наблюдать электрон на его орбите. Быть может, мы и увидели бы движение электрона по орбите, если бы могли наблюдать атом в микроскоп с большой разрешающей силой. Однако такую разрешающую силу нельзя получить в микроскопе, применяющем обычный свет, поскольку для этой цели будет пригоден только микроскоп, использующий γ -лучи, с длиной волны меньшей размеров атома. Такой микроскоп до сих пор не создан, но технические затруднения не должны нас удерживать от обсуждения этого мысленного эксперимента. Можно ли на первой стадии перевести результаты наблюдения в функцию вероятности? Это возможно, если выполняется после опыта соотношение неопределенностей. Положение электрона известно с точностью, обусловленной длиной волны γ -лучей. Предположим, что перед наблюдением электрон практически находится в покое. В процессе наблюдения по меньшей мере один квант γ -лучей обязательно пройдет через микроскоп и в результате столкновения с электроном изменит направление своего движения. Поэтому электрон также испытает воздействие кванта. Это изменит его импульс и его скорость. Можно показать, что неопределенность этого изменения такова, что справедливость соотношения неопределенностей после удара гарантируется. Следовательно, первый шаг не содержит никаких трудностей. В то же время легко можно показать, что нельзя наблюдать движение электронов вокруг ядра. Вторая стадия — количественный расчет функции вероятности — показывает, что волновой пакет движется не вокруг ядра, а от ядра, так как уже первый световой квант выбивает электрон из атома. Импульс γ -кванта значительно больше первоначального импульса электрона при условии, если длина волны γ -лучей много меньше размеров атома. Поэтому уже достаточно первого светового кванта, чтобы выбить электрон из атома. Следовательно, нельзя никогда наблюдать более чем одну точку траектории электрона; следовательно, утверждение, что нет никакой, в обычном смысле, траектории электрона, не противоречит опыту. Следующее наблюдение — третья стадия — обнаруживает электрон, когда он вылетает из атома. Нельзя наглядно описать, что происходит между двумя следующими друг за другом наблюдениями. Конечно, можно было бы сказать, что электрон должен находиться где-то между двумя наблюдениями и что, по-видимому, он описывает какое-то подобие траектории, даже если невозможно эту траекторию установить. Такие рассуждения имеют смысл с точки зрения классической физики. В квантовой теории такие рассуждения представляют собой неоправданное злоупотребление языком. В настоящее время мы можем оставить открытым вопрос о том, касается ли это предположение формы высказывания об атомных процессах или самих процессов, то есть касается ли это гносеологии или онтологии. Во всяком случае, при формулировании положений, относящихся к поведению атомных частиц, мы должны быть крайне осторожны.

Фактически мы вообще не можем говорить о частицах. Целесообразно во многих экспериментах говорить о волнах материи, например о стоячей волне вокруг ядра. Такое описание, конечно, будет противоречить другому описанию, если не учитывать границы, установленные соотношением неопределенностей. Этим ограничением ликвидируется противоречие. Применение понятия «волна материи» целесообразно в том случае, если речь идет об излучении атома. Излучение, обладая определенной частотой и интенсивностью, дает нам информацию об изменяющемся распределении зарядов в атоме; при этом волновая картина ближе стоит к истине, чем корпускулярная. Поэтому Бор советовал применять обе картины. Их он назвал дополнительными. Обе картины, естественно, исключают друг друга, так как определенный предмет не может в одно и то же время быть и частицей (то есть субстанцией, ограниченной в малом объеме) и волной (то есть полем, распространяющимся в большом объеме). Но обе картины дополняют друг друга. Если использовать обе картины, переходя от одной к другой и обратно, то в конце концов получится правильное представление о примечательном виде реальности, который скрывается за нашими экспериментами с атомами.

Бор при интерпретации квантовой теории в разных аспектах применяет понятие дополнительности. Знание положения частицы дополнительно к знанию ее скорости или импульса. Если мы знаем некоторую величину с большой точностью, то мы не можем определить другую (дополнительную) величину с такой же точностью, не теряя точности первого знания. Но ведь, чтобы описать поведение системы, надо знать обе величины. Пространственно-временное описание атомных процессов дополнительно к их каузальному или детерминистскому описанию. Подобно функции координат в механике Ньютона, функция вероятности удовлетворяет уравнению движения. Ее изменение с течением времени полностью определяется квантово-механическими уравнениями, но она не дает никакого пространственно-временного описания системы. С другой стороны, для наблюдения требуется пространственно-временное описание. Однако наблюдение, изменяя наши знания о системе, изменяет теоретически рассчитанное поведение функции вероятности.

Вообще дуализм между двумя различными описаниями одной и той же реальности не рассматривается больше как принципиальная трудность, так как из математической формулировки теории известно, что теория не содержит противоречий. Дуализм обоих дополнительных картин ярко выявляется в гибкости математического формализма. Обычно этот формализм записывается таким образом, что он похож на ньютонову механику с ее уравнениями движения для координат и скоростей частиц. Путем простого преобразования этот формализм можно представить волновым уравнением для трехмерных волн материи, только эти волны имеют характер не простых величин поля, а матриц или операторов. Этим объясняется, что возможность использовать различные дополнительные картины имеет свою аналогию в различных преобразованиях математического фор-

мализма и в копенгагенской интерпретации не связана ни с какими трудностями. Затруднения в понимании копенгагенской интерпретации возникают всегда, когда задают известный вопрос: что в действительности происходит в атомном процессе? Прежде всего, как уже выше говорилось, измерение и результат наблюдения всегда описывается в понятиях классической физики. То, что выводится из наблюдения, есть функция вероятности. Она представляет собой математическое выражение того, что высказывания о возможности и тенденции объединяются с высказыванием о нашем знании факта. Поэтому мы не можем полностью определить результат наблюдения. Мы не в состоянии описать, что происходит в промежутке между этим наблюдением и последующим. Прежде всего это выглядит так, будто мы ввели субъективный элемент в теорию, будто мы говорим, что то, что происходит, зависит от того, как мы наблюдаем происходящее, или по крайней мере зависит от самого факта, что мы наблюдаем это происходящее. Прежде чем разбирать это возражение, необходимо совершенно точно выяснить, почему сталкиваются с подобными трудностями, когда стараются описать, что происходит между двумя следующими друг за другом наблюдениями. Целесообразно в этой связи обсудить следующий мысленный эксперимент. Предположим, что точечный источник монохроматического света испускает свет на черный экран, в котором имеются два маленьких отверстия. Поперечник отверстия сравним с длиной волны света, а расстояние между отверстиями значительно превышает длину волны света. На некотором расстоянии за экраном проходящий свет падает на фотографическую пластинку. Если этот эксперимент описывать в понятиях волновой картины, то можно сказать, что первичная волна проходит через оба отверстия. Следовательно, образуются две вторичные сферические волны, которые, беря начало у отверстий, интерферируют между собой. Интерференция произведет на фотографической пластинке полосы сильной и слабой интенсивности — так называемые интерференционные полосы. Почернение на пластинке представляет собой химический процесс, вызванный отдельными световыми квантами.

Поэтому важно также описать эксперимент с точки зрения представлений о световых квантах. Если бы можно было говорить о том, что происходит с отдельным световым квантом в промежутке между его выходом из источника и попаданием на фотографическую пластинку, то рассуждать можно было бы следующим образом. Отдельный световой квант может пройти или только через первое, или только через второе отверстие. Если он прошел через первое отверстие, то вероятность его попадания в определенную точку на фотографической пластинке не зависит от того, закрыто или открыто второе отверстие. Распределение вероятностей на пластинке будет таким, будто открыто только первое отверстие. Если эксперимент повторить много раз и охватить все случаи, в которых световой квант прошел через первое отверстие, то почернение на пластинке должно соответствовать этому распределению вероятностей. Если

рассматривать только те световые кванты, которые прошли через второе отверстие, то почернение будет соответствовать распределению вероятностей, выведенному из предположения, что открыто только второе отверстие. Следовательно, общее почернение должно быть точной суммой обоих почернений, другими словами — не должно быть никакой интерференционной картины. Но мы ведь знаем, что эксперимент дает интерференционную картину. Поэтому утверждение, что световой квант проходит или через первое, или через второе отверстие, сомнительно и ведет к противоречиям. Из этого примера видно, что понятие функции вероятности не дает пространственно-временного описания события, происходящего в промежутке между двумя наблюдениями. Каждая попытка найти такое описание ведет к противоречиям. Это означает, что уже понятие «событие» должно быть ограничено наблюдением. Этот вывод весьма существен, так как, по-видимому, он показывает, что наблюдение играет решающую роль в атомном событии и что реальность различается в зависимости от того, наблюдаем мы ее или нет. Чтобы сделать это утверждение более ясным, проанализируем процесс наблюдения.

Уместно вспомнить, что в естествознании нас интересует не Универсум в целом, включающий нас самих, а лишь определенная его часть, которую мы и делаем объектом нашего исследования. В атомной физике обычно эта сторона представляет собой чрезвычайно малый объект, именно атомные частицы или группы таких частиц. Но дело даже не в величине; существенно то, что большая часть Универсума, включая и нас самих, не принадлежит к предмету наблюдения. Теоретическое истолкование эксперимента начинается на уровне обеих стадий, о которых уже говорилось. На первой стадии дается описание эксперимента в понятиях классической физики. Это описание в конечном счете связывается на данной стадии с первым наблюдением, и затем описание формулируется с помощью функции вероятности. Функция же вероятности подчиняется законам квантовой механики, ее изменение с течением времени непрерывно и рассчитывается с помощью начальных условий. Это вторая стадия. Функция вероятности объединяет объективные и субъективные элементы. Она содержит утверждения о вероятности или, лучше сказать, о тенденции (потенция в аристотелевской философии), и эти утверждения являются полностью объективными. Они не зависят ни от какого наблюдения. Кроме этого, функция вероятности содержит утверждения относительно нашего знания системы, которое является субъективным, поскольку оно может быть различным для различных наблюдателей. В благоприятных случаях субъективный элемент функции вероятности становится пренебрежительно малым в сравнении с объективным элементом, тогда говорят о «чистом случае».

При обращении к следующему наблюдению, результат которого предсказывается из теории, важно выяснить, находился ли предмет до или по крайней мере в момент наблюдения во взаимодействии с остальной частью мира, например с экспериментальной установкой, с измерительным прибором и т. п. Это означает, что урав-

нение движения для функции вероятности содержит влияние взаимодействия, оказываемое на систему измерительным прибором. Это влияние вводит новый элемент неопределенности, поскольку измерительный прибор описывается в понятиях классической физики. Такое описание содержит все неточности в отношении микроскопической структуры прибора, известные нам из термодинамики. Кроме того, так как прибор связан с остальным миром, то описание фактически содержит неточности в отношении микроскопической структуры всего мира. Эти неточности можно считать объективными, поскольку они представляют собой простое следствие того, что эксперимент описывается в понятиях классической физики, и поскольку они не зависят в деталях от наблюдателя. Их можно считать субъективными, поскольку они указывают на наше неполное знание мира. После того как произошло взаимодействие, даже в том случае, если речь идет о «чистом случае», функция вероятности будет содержать объективный элемент тенденции или возможности и субъективный элемент неполного знания. Именно по этой причине результат наблюдения в целом не может быть точно предсказан. Предсказывается только вероятность определенного результата наблюдения, и это утверждение о вероятности может быть проверено многократным повторением эксперимента. Функция вероятности в отличие от математической схемы механики Ньютона описывает не определенное событие, а, по крайней мере в процессе наблюдения, всю совокупность (ансамбль) возможных событий. Само наблюдение прерывным образом изменит функцию вероятности: оно выбирает из всех возможных событий то, которое фактически совершилось. Так как наше знание под влиянием наблюдения изменяется прерывно, то и величины, входящие в его математическое представление, изменяются прерывно, и потому мы говорим о «квантовом скачке». Если кто попытается строить критику квантовой теории на основе старой поговорки: «*Natura non facit saltus*», то на это можно дать ответ, что наше знание, несомненно, изменяется прерывно. Именно этот факт — прерывное изменение нашего знания — оправдывает употребление понятия «квантовый скачок». Следовательно, переход от возможности к действительности совершается в процессе наблюдения. Если мы будем описывать, что происходит в некотором атомном событии, то должны будем исходить из того, что слово «происходит» относится только к самому наблюдению, а не к ситуации между двумя наблюдениями. При этом оно означает не психологический, а физический процесс наблюдения, и мы вправе сказать, что переход от возможности к действительности совершился, как только произошло взаимодействие объекта с измерительным прибором, а с помощью прибора — и с остальным миром. Этот переход не связан с регистрацией результата наблюдения в сознании наблюдателя. Однако прерывное изменение функции вероятности происходит благодаря акту регистрации, так как в этом случае вопрос касается прерывного изменения нашего знания. Последнее в момент наблюдения отражается прерывным изменением функции вероятности. В какой мере мы

пришли в конце концов к объективному описанию мира и особенно атомных явлений? Классическая физика основывалась на предположении — или, можно сказать, на иллюзии,— что можно описать мир или по меньшей мере часть мира, не говоря о нас самих. Действительно, в значительной степени это было возможно. Например, мы знаем, что существует город Лондон независимо от того, видим мы его или нет. Можно сказать, что классическая физика дает именно идеализацию мира, с помощью которой можно говорить о мире или о его части, при этом не принимая во внимание нас самих. Ее успех привел к всеобщему идеалу объективного описания мира. Давно уже объективность является высшим критерием ценности научных открытий. Соответствует ли этому идеалу копенгагенская интерпретация квантовой теории? По всей вероятности, мы вправе сказать, что насколько возможно, квантовая теория соответствует этому идеалу. Безусловно, квантовая теория не содержит никаких действительно субъективных черт, и она вовсе не рассматривает разум или сознание физика как часть атомного события. Но она начинает с разделения мира на объекты и остальной мир и с условия, что этот остальной мир описывается в понятиях классической физики. Само разделение в определенной степени произвольно. Но исторически оно является прямым следствием научного метода прошлых столетий. Применение классических понятий есть, следовательно, в конечном счете результат общего духовного развития человечества. В некотором роде это затрагивает нас самих, и потому наше описание нельзя назвать совершенно объективным.

Вначале говорилось, что копенгагенская интерпретация квантовой теории начинается с парадокса. Она исходит, с одной стороны, из положения, что мы должны описывать эксперименты в понятиях классической физики, и с другой — из признания, что эти понятия не точно соответствуют природе. Противоречивость этих исходных положений обуславливает статистический характер квантовой теории. В силу этого предлагали совсем отказаться от классических понятий, рассчитывая, по-видимому, что радикальное изменение понятий, описывающих эксперимент, приведет к нестатистическому, полностью объективному описанию природы. Однако эти соображения основываются на непонимании. Понятия классической физики являются уточненными понятиями нашей повседневной жизни и образуют важнейшую составную часть языка, являющегося препосылкой всего естествознания. Наше действительное положение в естествознании таково, что для описания эксперимента мы фактически используем или должны использовать классические понятия. Иначе мы не поймем друг друга. Задача квантовой теории как раз и состоит в том, чтобы на этой основе объяснить эксперимент. Нет смысла толковать, что можно было бы предпринять, если бы мы были другой природы по сравнению с тем, что мы есть на самом деле. В этой связи мы должны отчетливо понимать, говоря словами Вейцзеккера, что «природа была до человека, но человек был до естествознания». Первая половина высказывания оправдывает классическую физику

с ее идеалами полной объективности. Вторая половина объясняет, почему мы не можем освободиться от парадоксов квантовой теории и от необходимости применения классических понятий. При этом следует сделать несколько замечаний о фактическом методе квантово-теоретического истолкования атомных событий. Ранее отмечалось, что мы всегда стоим перед необходимостью разделять мир на объекты, подлежащие изучению, и остальной мир, включающий и нас самих. Это разделение в определенной степени произвольно. Однако это не должно приводить к различию в конечных результатах. Например, объединим измерительный прибор или его часть с объектом и применим закон квантовой теории к этому более сложному объекту. Можно показать, что подобное видоизменение теоретического подхода фактически не изменяет предсказания о результате эксперимента. Это математически следует из того, что законы квантовой теории для явлений, в которых постоянная Планка считается очень малой величиной, почти идентичны с классическими законами. Однако было бы ошибкой полагать, что такое применение законов квантовой теории может исключить фундаментальные парадоксы.

Только тогда измерительный прибор заслуживает своего назначения, когда он находится в тесной связи с остальным миром, когда существует физическое взаимодействие между измерительным прибором и наблюдателем. Поэтому неточность в отношении микроскопического поведения мира, так же как и в случае первой интерпретации, проникает в квантово-механическое описание мира. Если бы измерительный прибор был изолирован от остального мира, он не мог быть описан в понятиях классической физики.

По этому поводу Бор утверждал, что, по всей вероятности, правильнее было бы сказать по-другому, а именно: разделение мира на объекты и остальной мир не произвольно. При исследовании атомных процессов наша цель — понять определенные явления и установить, как они следуют из общих законов. Поэтому часть материи и излучения, которая принимает участие в явлении, представляет собой естественный предмет теоретического истолкования и должна быть отделена от используемого прибора. Тем самым в описание атомных процессов снова вводится субъективный элемент, так как измерительный прибор создан наблюдателем. Мы должны помнить, что то, что мы наблюдаем, — это не сама природа, а природа, которая выступает в том виде, в каком она выявляется благодаря нашему способу постановки вопросов. Научная работа в физике состоит в том, чтобы ставить вопросы о природе на языке, которым мы пользуемся, и пытаться получить ответ в эксперименте, выполненном с помощью имеющихся у нас в распоряжении средств. При этом вспоминаются слова Бора о квантовой теории: если ищут гармонии в жизни, то никогда нельзя забывать, что в игре жизни мы одновременно и зрители и участники. Понятно, что в научном отношении к природе наша собственная деятельность становится важной там, где приходится иметь дело с областями природы, проникнуть в которые можно только благодаря сложнейшим техническим средствам.

IV. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ И ИСТОКИ УЧЕНИЯ ОБ АТОМЕ

Понятие «атом» много старше естествознания нового времени. Оно имеет свои истоки в античной натурфилософии, являясь центральным понятием материализма Левкиппа и Демокрита. С другой стороны, современное понимание атомных явлений имеет весьма малое сходство с пониманием атома в прежней материалистической философии. Более того, можно сказать, что современная атомная физика столкнула естествознание с материалистического пути, на котором оно стояло в XIX веке. Поэтому было бы интересно сопоставить становление понятия атома в греческой философии и его понимание в современной науке.

Идея о существовании последних, наименьших неделимых частиц материи возникла в тесной связи с развитием понятий материи, бытия и становления, характеризующих первый период греческой философии. Этот период начался в VI веке до н. э. с Фалеса, основателя милетской школы, который, согласно Аристотелю, считал, что вода есть материальная основа всех вещей. Каким бы странным ни казалось это высказывание, оно, как подчеркнул Ницше, выражает три основные философские идеи. Во-первых, это высказывание содержит вопрос о материальной основе всех вещей. Во-вторых, оно содержит требование рационального ответа на этот вопрос без ссылки на мифы и мистические представления. В-третьих, оно содержит предположение о возможности познать мир на основе одного исходного принципа.

Высказывание Фалеса было первым выражением идеи об основной субстанции, об основном элементе, из которого образованы все вещи. В этой связи слово «субстанция», конечно, не имеет еще четкого материалистического смысла, который в настоящее время приписывается этому слову. В это понятие о субстанции включалось и понятие жизни; согласно Аристотелю, Фалес также утверждал, что все вещи «полны богов». Все это имеет отношение и к материальной основе вещей. Нетрудно представить, что Фалес пришел к своим взглядам главным образом путем метеорологических наблюдений. Очевидно, что среди множества вещей именно вода может принимать самые разнообразные формы и быть в самых разнообразных состояниях. Зимой она становится льдом и снегом. Она может превратиться в пар. Из нее состоят облака. Она превращается в землю, где река образует свою дельту, и она в виде родника может образоваться

из земли. Вода является условием всякой жизни. Следовательно, вообще если имеется что-либо, подобное основному элементу, основной материи, то естественно считать в качестве основного элемента воду.

Идея первоматерии (основного вещества) развивалась Анаксимандром — учеником Фалеса. Анаксимандр отрицал, что первоматерией может быть обыкновенная вода или какая-нибудь другая известная субстанция. Он учил, что первоматерия бесконечна, вечна, неизменна и заполняет собой весь мир. Эта первоматерия преобразуется в различные, известные нам из опыта субстанции. Согласно Теофрасту⁵, Анаксимандр считал, что из чего возникают вещи, в то же самое они должны и вернуться, согласно справедливости, ибо за несправедливость они должны нести наказание в установленное время. В этой философии решающую роль играет антитеза бытия и становления. Первоматерия — неизменное, бесконечное, недифференцированное бытие — в процессе становления принимает разнообразные формы, пребывающие в непрерывной, вечной борьбе. Процесс становления рассматривается как некоторое ограничение, уменьшение бесконечного бытия, как разрушение в борьбе, как проклятие, которое в конце концов искупается возвратом в невещественное бытие (неопределенность). Борьба, о которой идет речь, есть противоположность между горячим и холодным, между огнем и водой, между влажным и сухим и т. п. Временная победа одного над другим является несправедливостью, которая в установленное время приводит к искуплению. Согласно Анаксимандру, существует вечное движение, непрерывное творение и разрушение миров — из бесконечного в бесконечное.

Для сравнения античной философии с нашими современными проблемами, пожалуй представляет интерес, что в современной атомной физике в новой форме возникает проблема: является ли первоматерия одной из известных субстанций или она нечто их превосходящее? В наше время пытаются найти основной закон движения материи, из которого могут быть математически выведены все элементарные частицы со своими свойствами. Это фундаментальное уравнение движения может быть отнесено или к волнам известного вида, например протонным или мезонным, или к волнам принципиально иного вида, не имеющим ничего общего с волнами известных элементарных частиц. В первом случае это означало бы, что все множество элементарных частиц может быть объяснено с помощью нескольких «фундаментальных» «элементарных частиц». Фактически в последние два десятилетия теоретическая физика главным образом исследует эту возможность. Во втором случае все многообразие элементарных частиц объясняется некоторой универсальной первоматерией, которую можно назвать энергией или материей. В этом случае ни одна из элементарных частиц принципиально не выделяется среди других в качестве фундаментальной частицы. Последняя точка зрения соответствует доктрине Анаксимандра, и я убежден, что такой взгляд правилен и в современной физике.

Однако вернемся снова к греческой философии. Третий милетский философ, Анаксимен, по всей вероятности ученик Анаксимандра, учил, что первоначальной, из которой состоит все, является воздух. Он считал, что так же как наша душа есть не что иное, как воздух, и нас объединяет, так дуновение и воздух объединяют весь мир. Анаксимен ввел в милетскую философию идею, что причиной превращения первоначальной в другие субстанции является процесс сгущения и разрежения. В то время было, конечно, известно о превращении водяного пара в облако, а о различии между водяным паром и облаками еще не знали.

В философии Гераклита первое место заняло понятие становления. Гераклит считал первоначальной движущийся огонь. Трудность соединения идеи единого принципа с наличием бесконечного превращения явлений разрешалась Гераклитом посредством предположения о том, что непрерывно происходящая борьба между противоположностями и есть своего рода гармония. Для Гераклита мир одновременно и единое и многое, именно напряжение противоположностей образует единство целого. Он утверждал: борьба есть всеобщая основа всякого бытия, и эта борьба есть одновременно уравновешивание; все вещи возникают и снова исчезают в процессе борьбы.

Если окинуть взором греческую философию с ее возникновения до момента, когда появилась философия Гераклита, то легко увидеть, что с самого начала она несла в себе противопоставление понятий единого и многого.

В наших представлениях мир раскрывается как бесконечное многообразие вещей и событий, цветов и звуков. Но, чтобы его понять, необходимо установить определенный порядок. Порядок означает выяснение того, что тождественно. Он означает единство. На основании этого возникает убеждение, что должен существовать единый принцип; но в то же время возникает трудность, каким путем вывести из него бесконечное многообразие вещей. Естественный исходный пункт: существует материальная первоначальная причина вещей, так как мир состоит из материи. Однако при доведении до логического конца идеи о принципиальном единстве приходят к бесконечному неизменному, бессубстанциональному «бытию», которое само по себе не может объяснить все бесконечное многообразие вещей относительно к тому, считаем ли мы это бытие материальным или нет. Отсюда полнота бытия и становления и, в конце концов, идея Гераклита, что основной принцип — это изменение, вечное превращение, которое, по словам поэта, обновляет мир. Но само превращение не является материальной причиной. Этим объясняется, что в философии Гераклита материальная причина представлена в виде огня. Огонь как первоэлемент является одновременно и материей и движущей силой.

Мы теперь можем сказать, что современная физика в некотором смысле близко следует учению Гераклита. Если заменить слово «огонь» словом «энергия», то почти в точности высказывания Ге-

раклита можно считать высказываниями современной науки. Фактически энергия это то, из чего созданы все элементарные частицы, все атомы, а потому и вообще все вещи. Одновременно энергия является движущим началом. Энергия есть субстанция, ее общее количество не меняется, и, как можно видеть во многих атомных экспериментах, элементарные частицы создаются из этой субстанции. Энергия может превращаться в движение, в теплоту, в свет и электрическое напряжение. Энергию можно считать первопричиной всех изменений в мире. Однако более детальное сравнение греческой философии с современными естественнонаучными представлениями будет осуществлено ниже.

Греческая философия в учении Парменида на некоторое время возвратилась к понятию «единого». Парменид жил в Элее, в южной Италии. По-видимому, его важнейшим вкладом в греческую философию является введение им в метафизику одного чисто логического аргумента. Согласно этому аргументу, нельзя знать того, чего нет; не может существовать то, что в то же время нельзя выразить; одно и то же — то, что может быть невысказано, и то, что может существовать. Поэтому существует только единое и нет никакого становления и уничтожения. На основании логических соображений Парменид отрицал существование пустого пространства. Так как всякое изменение предполагает понятие пустого пространства, то он отрицал как иллюзию и всякое изменение.

Однако философия не могла долго останавливаться на этих парадоксах. Эмпедокл перешел от монизма к одной из разновидностей плюрализма. Чтобы устранить трудность, заключающуюся в том, что ни один из первоэлементов не дает достаточной основы для объяснения многообразия вещей и событий, он рассматривал четыре основных элемента — землю, воду, воздух и огонь. Элементы соединяются и разделяются под воздействием любви и вражды. Любовь и вражду, которые обуславливают вечное изменение, и четыре первоэлемента он представлял как нечто телесное. Эмпедокл следующим образом описывал происхождение мира: сначала существовала бесконечная сфера единого. Последнее утверждение совпадает с подобным утверждением философии Парменида. В первоэлементах Эмпедокла в отличие от первоэлемента Парменида смешаны под влиянием любви четыре «корня», четыре первоэлемента. Когда любовь отступает и наступает вражда, элементы отчасти разделяются, отчасти снова объединяются. Наконец элементы полностью разделяются, и любовь совершенно исчезает из мира. Затем любовь снова наступает и соединяет элементы, и вражда исчезает. Так что опять все возвращается в первоначальное состояние. Учение Эмпедокла, хотя в нем большую роль играют не очень ясные понятия любви и вражды, представляет в известной мере поворот в греческой философии к более конкретным и в этом смысле материалистическим представлениям. Четыре элемента являются не столько основными началами, сколько материальными субстанциями. Этим впервые выражается мысль, что соединение и разде-

ление нескольких принципиально различных субстанций объясняет бесконечное многообразие явлений. Плюрализм будет всегда казаться неудовлетворительным тем, кто привык думать последовательно (принципиально). Плюрализм представляет собой весьма разумный компромисс, устраняющий трудности монизма и в то же время допускающий определенный порядок⁶.

Следующий шаг в направлении к понятию атома был сделан Анаксагором, современником Эмпедокла⁷. Он жил около 30 лет в Афинах, по всей вероятности в первой половине V века до н. э. Анаксагор развивал идею, что все изменение в мире происходит благодаря соединению и разъединению различных элементов. Он считал, что существует бесконечное многообразие бесконечно малых «семян», из которых состоят все вещи. Эти семена не имеют отношения ни к одному из четырех элементов Эмпедокла. Напротив, существует бесконечное множество семян. Семена соединяются и разъединяются, и таким образом происходит изменение. Учение Анаксагора впервые дало геометрическое толкование выражению «соединение»: так как он говорил о бесконечно малых семенах, то их соединение можно представить как соединение двух песчинок разного цвета. Семена могут изменяться в числе и в относительном положении. Анаксагор полагал, что все семена имеются во всех телах, но изменяется только их отношение от тела к телу. Анаксагор утверждал, что все вещи во всем, и невозможно им полностью разделиться, но все вещи имеют некоторую часть всего. Вселенная Анаксагора создается не посредством любви и вражды, а посредством «нуса», что в переводе примерно означает «ум».

Для перехода от философии к понятию атома необходим был только один шаг, и этот шаг был сделан Левкиппом и Демокритом из Абдеры. Полярность бытия и небытия философии Парменида здесь была заменена полярностью «заполненного» и «пустого». Бытие не есть только единое; оно может бесконечно повторяться. Оно атом, мельчайшая неделимая частица материи. Атом вечен и неразложим, но он обладает конечной величиной. Движение невозможно без существования пустого пространства между атомами. Так впервые в истории была выражена мысль о существовании в качестве первичных кирпичей наименьших частиц материи, мы бы сказали — элементарных частиц.

Представление об атоме (неделимом) сводилось к тому, что материя состояла не только из заполненного, но и из пустого, а именно из пустого пространства, в котором движутся атомы.

Логическое обоснование возражения Парменида против пустого пространства, против того, что небытие не может существовать, просто игнорировалось на основании опыта. С точки зрения современной науки мы бы сказали, что пустое пространство между атомами Демокрита — это не ничто; оно является носителем геометрии и кинематики и делает возможным порядок и движение атомов. До сих пор возможность пустого пространства осталась нерешенной проблемой. В общей теории относительности Эйнштейна показано, что геометрия

и материя взаимно обуславливают друг друга. Такой ответ соответствует взгляду, представляемому во многих философских системах и заключающемуся в том, что пространство определяется протяженной материей. Демокрит сохранил представление о пустом пространстве для того, чтобы иметь возможность объяснить изменение и движение. Атомы Демокрита суть та же самая субстанция, которая прежде обладала одним свойством — «быть»; но они имеют различную величину и форму. Поэтому их можно считать делимыми в математическом, а не в физическом смысле. Атомы могут двигаться и занимать различное положение в пространстве. Но они не обладают никакими другими физическими свойствами. У них нет ни цвета, ни запаха, ни вкуса. Свойства материи, воспринимаемые нашими органами чувств, согласно этому взгляду создаются путем расположения атомов в пространстве и их движения. Подобно тому как комедия и трагедия могут быть написаны одними и теми же буквами алфавита, так и бесконечное многообразие событий в мире реализуется посредством одних и тех же атомов благодаря их движению и конфигурации. Этим объясняется, что в развитии атомистической философии геометрия и кинематика, обусловленные пустотой, имели большее значение, чем чистое бытие. Как известно, Демокрит утверждал, что только кажется, что вещи имеют цвет; только кажется, что они сладкие или горькие. В действительности существуют только атомы и пустота. Атомы в философии Левкиппа не двигались просто случайно. Левкипп, по-видимому, полностью исходил из детерминизма, ибо, как известно, он говорил, что ничто не возникает из ничего, а все — из определенной причины и необходимости. Атомисты не дали никакого объяснения происхождения и причины первого толчка, вызывающего первоначальное движение атомов. Это хорошо согласуется с их положением о причинном описании движения атомов. Причинность всегда объясняет последующие события через предыдущие, но никогда не может объяснить исходное начало. В дальнейшем основные идеи атомического учения частично были восприняты последующими греческими философами, частично — изменены.

Для сравнения с современной физикой атома представляет интерес понимание материи Платоном, высказанное им в диалоге «Тимей». Платон не был атомистом. По свидетельству Диогена Лаэртского, Платон до такой степени не одобрял философию Демокрита, что у него было желание сжечь все его книги. Но Платон в своем учении соединил представления, близкие атомистам, с представлениями пифагорейской школы и философией Эмпедокла. Школа пифагорейцев была связана с орфическим культом, которому покровительствовал Дионис. Именно в пифагорейской школе установлена взаимосвязь между религией и математикой, которая начиная с того далекого времени оказывала сильнейшее влияние на человеческое мышление. По-видимому, пифагорейцы впервые осознали творческую силу математики. Их открытие, что две струны производят гармоническое звучание при условии, если их длины находятся в опреде-

ленном рациональном отношении, показало им значение математики для понимания явлений природы. Собственно, для них дело заключалось не столько в рациональном понимании. Для них математическое отношение длин струн создавало гармонию звуков. Таким образом, в учении пифагорейцев было много мистицизма, для нас почти непонятного. Но, сделав математику частью своей религии, они затронули решающий пункт в развитии человеческого мышления. Английский философ Б. Рассел так сказал о Пифагоре: «Я не знаю ни одного человека, который бы оказал такое влияние на человеческое мышление, как Пифагор».

Платон знал о пяти правильных геометрических телах, открытых пифагорейцами, и о том, что их можно сопоставить с элементами Эмпедокла. Наименьшие части элемента земли он ставил в связь с кубом, наименьшие части элемента воздуха — с октаэдром, элементы огня — с тетраэдром, элементы воды — с икосаэдром. Не было элемента, соответствующего додекаэдру. Здесь Платон сказал, что существует еще пятый элемент, который бог использовал, чтобы создать вселенную. Правильные геометрические тела в некотором отношении можно сравнить с атомами; однако Платон категорически отрицал их неделимость. Он конструировал свои правильные тела из двух видов треугольников: равностороннего и равнобедренного прямоугольного. Соединяя их, он получал грани правильных тел. Этим объясняется частичное превращение элементов друг в друга. Правильные тела можно разложить на треугольники, а из этих треугольников можно построить новые правильные тела. Например, тетраэдр и два октаэдра можно разложить на 20 равносторонних треугольников. Эти последние можно вновь соединить и получить икосаэдр, то есть один атом огня и два атома воздуха в сочетании дают один атом воды. Треугольники нельзя считать материей, так как они не имеют пространственного протяжения. Только в том случае, если треугольники объединены в правильные тела, возникает частица материи. Поэтому наименьшие частицы материи не являются первичными образованиями, как это имело место у Демокрита, и они представляют собой математические формы. Понятно, что в этом случае форма имеет большее значение, чем вещество, из которого форма состоит или в которой оно выявляется⁸.

Теперь, после краткого обзора развития греческой философии вплоть до формирования понятия атома, мы снова возвратимся к современной физике и спросим, как наше современное понимание атома и квантовая теория относятся к развитию античной натурфилософии. Исторически слово «атом» в физике и химии нового времени было связано с самого начала с ложным объектом. Это произошло в XVII веке, когда началось возрождение наук. В то время атомами именовались части химического элемента, которые с точки зрения современной науки являются довольно сложными образованиями. Единицы, еще меньшие, чем атом химического элемента, сегодня называются элементарными частицами. И если что из современной физики подлежит сравнению с атомами Де-

мокрита, так это элементарные частицы: протон, нейтрон, электрон, мезон. Демокриту было совершенно ясно, что если атомы посредством своего движения и конфигурации объясняют свойства материи — такие, как цвет, вкус, запах,— то сами они не могут обладать этими свойствами. Поэтому Демокрит лишил атомы этих свойств, и атом у Демокрита представляет собой довольно абстрактную единицу материи. Атом у Демокрита обладает свойством существования и движения, имеет форму и пространственное протяжение. Без этих свойств было трудно говорить об атоме. Отсюда следует, что понятие «атом» не объясняет геометрическую форму, пространственное протяжение и существование материи, поскольку эти свойства предполагаются и ни к чему более первичному не сводятся. Современное понимание элементарных частиц в решении этих вопросов является более последовательным и радикальным. Например, мы очень просто и легко употребляем слово «нейтрон». Но мы не в состоянии дать никакого определенного образа нейтрона и не можем сказать, что, собственно, мы понимаем под этим словом. Мы пользуемся различными образами и представляем нейтрон то как частицу, то как волну или волновой пакет. Но мы знаем, что ни одно из этих описаний не является точным. Очевидно, нейтрон не имеет цвета, запаха, вкуса. Тем самым он подобен атомам греческой философии. Но элементарные частицы в некотором отношении лишены и других свойств. Обычные представления геометрии и кинематики о частице, такие, как форма или движение в пространстве, не могут применяться в отношении элементарных частиц непротиворечивым образом. Если хотят дать точное описание элементарной частицы (здесь мы делаем ударение на слове «точное»), то единственное, что может быть пригодно в качестве этого описания,— это функция вероятности. Отсюда делают вывод, что вообще если речь идет о «свойстве», то свойство «быть» не подходит без ограничения к элементарной частице. Есть только тенденция, возможность «быть». Поэтому элементарные частицы современной физики значительно абстрактнее, чем атомы у греков и именно по этой причине они представляют более подходящий ключ для понимания природы материи.

В философии Демокрита все атомы состоят из одной и той же субстанции (материала), поскольку вообще здесь можно применить это слово. Элементарные частицы современной физики имеют массу. По теории относительности масса и энергия, в сущности, одно и то же, и поэтому можно сказать, что все элементарные частицы состоят из энергии. Таким образом, энергию можно считать основной субстанцией, первоматерией. Фактически она обладает существенным свойством, принадлежащим понятию субстанции: она сохраняется. На этом основании, как уже упоминалось, представления современной физики очень сходны с представлениями Гераклита, если только элемент «огонь» интерпретировать как энергию. Энергия есть движущее. Она рассматривается как конечная причина всех изменений и может превращаться в материю, теплоту и свет. Борьба

противоположностей, характерная для философии Гераклита, находит здесь свой прообраз во взаимодействии различных форм энергии.

В философии Демокрита атомы являются вечными и неразложимыми единицами материи: они не могут превращаться друг в друга. Современная физика выступает против положения Демокрита и встает на сторону Платона и пифагорейцев. Элементарные частицы не являются вечными и неразложимыми единицами материи, фактически они могут превращаться друг в друга. При столкновении двух элементарных частиц, происходящем при большой скорости, образуется много новых элементарных частиц; возникает из энергии движения, столкнувшиеся частицы могут при этом исчезнуть. Такие процессы наблюдаются часто и являются лучшим доказательством того, что все частицы состоят из одинаковой субстанции — из энергии. Но сходство воззрений современной физики с воззрениями Платона и пифагорейцев простирается еще дальше. Элементарные частицы, о которых говорится в диалоге Платона «Тимей», ведь это в конце концов не материя, а математические формы. «Все вещи суть числа» — положение, приписываемое Пифагору. Единственными математическими формами, известными в то время, являлись геометрические и стереометрические формы, подобные правильным телам и треугольникам, из которых образована их поверхность. В современной квантовой теории едва ли можно сомневаться в том, что элементарные частицы в конечном счете суть математические формы, только гораздо более сложной и абстрактной природы. Греческие философы думали о статических, геометрических формах и находили их в правильных телах. Естествознание нового времени при своем зарождении в XVI и XVII веках сделало центральной проблемой проблему движения, следовательно, ввело в свое основание понятие времени. Неизменно со времен Ньютона в физике исследуются не конфигурации или геометрические формы, а динамические законы. Управление движения относится к любому моменту времени, оно в этом смысле вечно, в то время как геометрические формы, например орбиты планет, изменяются. Поэтому математические формы, представляющие элементарные частицы, в конечном счете должны быть решением неизменного закона движения материи.

В последующие годы развитие физики пришло к такому состоянию, что физики стали стремиться сформулировать основной закон для материи. Экспериментальная физика собрала большой материал о свойствах элементарных частиц и их превращениях. Теоретическая физика может попытаться, исходя из этого материала, вывести основной закон для материи. Еще раньше был предложен простой вид этого уравнения материи. Хотя лишь в будущем выяснится, насколько верно это уравнение, все же эта первая попытка показывает такие черты физики и философии, которые с большой вероятностью могут быть установлены из изучения элементарных частиц, что по крайней мере качественно эта попытка здесь должна быть описана.

В проблеме основного уравнения речь идет о нелинейном волновом уравнении для операторов поля. Это уравнение рассматривается как математическое представление всей материи, а не какого-либо определенного вида элементарных частиц или полей. Это волновое уравнение математически эквивалентно сложной системе интегральных уравнений, которые, как говорят математики, обладают собственными значениями и собственными решениями. Собственные решения представляют элементарные частицы. Следовательно, они суть математические формы, которые заменяют правильные тела пифагорейцев. Между прочим, здесь следует вспомнить, что собственные решения основного уравнения получаются посредством математической процедуры, с помощью которой из дифференциального уравнения натянутой струны выводятся гармонические колебания струны пифагорейцев.

Математическая симметрия, играющая центральную роль в правильных телах платоновской философии, составляет ядро основного уравнения. Уравнение — только математическое представление всего ряда свойств симметрии, которые, конечно, не так наглядны, как платоновские тела. В современной физике речь идет о свойствах симметрии, которые соотносятся с пространством и временем и находят свое математическое выражение в теоретико-групповой структуре основного уравнения. Важнейшая группа — так называемая группа Лоренца в теории относительности — определяет структуру пространства и времени. Кроме того, имеются и другие группы, найденные только в последнее время и связанные с различными квантовыми числами элементарных частиц.

Хотя само основное уравнение имеет очень простую форму, оно содержит большое количество различных свойств симметрии, и, по-видимому, богатый экспериментальный материал о превращении элементарных частиц точно соответствует этим свойствам симметрии.

Следовательно, современная физика идет вперед по тому же пути, по которому шли Платон и пифагорейцы. Это развитие физики выглядит так, словно в конце его будет установлена очень простая формулировка закона природы, такая простая, какой ее надеялся видеть еще Платон. Трудно указать какое-нибудь прочное основание для этой надежды на простоту, помимо того факта, что до сих пор основные уравнения физики записывались простыми математическими формулами. Подобный факт согласуется с религией пифагорейцев, и многие физики в этом отношении разделяют их веру, однако до сих пор еще никто не дал действительно убедительного доказательства, что это должно быть именно так.

Можно привести соображение, касающееся вопроса, часто задаваемого дилетантами относительно понятия элементарной частицы в современной физике. Почему физики говорят о том, что элементарные частицы не могут быть разложены на меньшие частицы. Ответ на этот вопрос отчетливо показывает, насколько современное естествознание абстрактнее греческой философии. Наше со-

ображение на этот счет примерно такое: как можно разложить элементарные частицы? Единственные средства эксперимента, имеющиеся в нашем распоряжении,— это другие элементарные частицы. Поэтому столкновения двух элементарных частиц, обладающих чрезвычайно большой энергией движения, являются единственными процессами, в которых такие частицы, пожалуй, могут быть разложимы. Они распадаются при таких процессах иногда даже на много различных частей. Однако сами составные части — снова элементарные частицы, а не какие-нибудь маленькие части их, и их массы образуются из энергии движения столкнувшихся частиц. Другими словами: благодаря превращению энергии в материю составные части элементарных частиц — снова элементарные частицы того же вида.

После такого сравнения современных представлений атомной физики с греческой философией мы обязаны высказать предостережение, которое исключало бы возникновение непонимания. С первого взгляда все это может выглядеть так, как будто греческие философы благодаря гениальной интуиции пришли к таким же или по крайней мере к очень сходным результатам, к которым мы продвинулись в новое время после нескольких веков труднейшей работы в области эксперимента и математики. Но такое толкование нашего сравнения несло бы в себе опасность грубого непонимания. Существует очень большое различие между современным естествознанием и греческой философией, и одно из важнейших состоит именно в эмпирическом основании современного естествознания. Со времен Галилея и Ньютона естествознание основывается на тщательном изучении отдельных процессов природы и на требовании, согласно которому о природе можно делать только высказывания, подтвержденные экспериментами. Мысль, что посредством эксперимента можно выделить процессы природы, чтобы изучить их детально и при этом вскрыть неизменные законы, содержащиеся в постоянном изменении, не возникла у греческих философов. Поэтому современное естествознание покоится на более скромном и более прочном фундаменте, чем античная философия. Если, например, Платон, говорил, что наименьшие частицы огня суть тетраэдры, то нелегко предположить, что он в действительности думал. Символически ли форма тетраэдра принадлежит элементу огня или наименьшие частицы огня ведут себя механически как жесткие или упругие тетраэдры, и посредством какой силы они могут быть разложены на треугольники, о которых писал Платон? Современное естествознание должно бы, наконец, спросить: как можно экспериментально решить, что атомы огня суть тетраэдры и не могут быть чем-либо иным, например кубами. Поэтому если современная теория поля утверждает, что протон представляется посредством некоторого определенного собственного решения основного уравнения материи, то это означает, что из данного решения математически выводятся все возможные свойства протона и что правильность решения может быть доказана в каждом отдельном случае посредством эксперимента. Возможность экспери-

ментально доказать справедливость высказывания с очень большой точностью придает высказываниям современной физики больший вес, чем тот, которым обладали высказывания античной натур-философии.

И все-таки некоторые высказывания античной философии удивительно близки высказываниям современного естествознания. А это показывает, как можно далеко пойти, если связать наш обычный опыт, не подкрепленный экспериментом, с неустанным усилием создать логический порядок в опыте и попытаться, исходя из общих принципов, понять его.

V. РАЗВИТИЕ ФИЛОСОФСКИХ ИДЕЙ ПОСЛЕ ДЕКАРТА В СРАВНЕНИИ С СОВРЕМЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ В КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

В течение двух тысяч лет, последовавших за расцветом греческой науки и культуры V—VI веков до н. э., человеческая мысль была занята прежде всего проблемами, сильно отличавшимися от проблем прежней греческой натурфилософии. В те далекие времена греческой культуры сильнейшее влияние оказывала непосредственная реальность мира, в котором мы живем и который мы воспринимаем нашими органами чувств. Этот мир полон жизни, и нет никакой разумной основы для подчеркивания различия между материей и духом или между телом и душой. Однако уже в философии Платона было установлено, что существует некоторая другая реальность. В известной поэтической картине Платон сравнил людей с узниками, закованными в пещере, которые могут смотреть только в одном направлении. За ними горит огонь, и они видят на стене только тени своих собственных тел и объектов, находящихся сзади них. Так как эти узники ничего не могут видеть, кроме теней, то тени они принимают за действительность, а объекты вообще выпадают из их поля зрения. Наконец одному из узников удалось бежать, и он вышел из пещеры на солнечный свет. Впервые он увидел реальные вещи и узнал, что до сих пор он за реальность принимал только тени. Впервые он узнал правду и с печалью подумал о своей долгой жизни в темноте. Настоящий философ и есть тот узник, который вышел из пещеры на свет истины, и он обладает действительным знанием. Непосредственная связь с истиной, или, говоря христианским языком, с богом, есть новая реальность, имеющая большее значение, чем реальность мира, воспринимаемого нашими органами чувств. Непосредственная связь с богом совершается не в мире, а в душе человека, и эта проблема в течение двух тысяч лет после Платона занимала человеческую мысль сильнее любой другой. В этот период внимание философов было направлено на человеческую душу и на ее отношение к богу, на проблемы этики и на толкование откровения, а отнюдь не на внешний мир. Только начиная с Возрождения в Италии стал заметен постепенный поворот человеческого мышления, который наконец и привел к оживлению интереса к природе.

В XVI и XVII веках началось замечательное развитие естествознания, и оно сопровождалось развитием философских идей,

тесно связанных с фундаментальными понятиями науки. Поэтому было бы весьма поучительно прокомментировать эти идеи с современной точки зрения.

Первым великим философом эпохи начала развития естествознания был Рене Декарт, который жил в первой половине XVII века. Важнейшие для естествознания мысли Декарта содержались в его главном труде «Рассуждение о методе...». Он стремился на базе сомнения и логического мышления создать совершенно новую и, как ему казалось, прочную основу для философской системы. Однако он не рассматривал открытие в качестве такой основы и несколько не был склонен некритически перенимать все, что мы воспринимаем нашими чувствами. Так Декарт подошел к своему методу сомнения. Он сомневался в том, что сообщают нам наши чувства, он сомневался в результатах нашего рационального мышления и в конце концов пришел к своему известному положению: «*Cogito, ergo sum*»*. Я не могу сомневаться в своем существовании, ибо оно следует из самого факта, что я мыслю. После того как Декарт пришел таким путем к доказательству существования я, он направил свои усилия на доказательство существования бога, опираясь главным образом на схоластическую философию. Существование мира вытекало из того, что бог вложил в нас сильную склонность верить в существование мира, а предположить, что бог вводил нас в заблуждение, конечно, нельзя.

Исходный пункт картезианской философии полностью отличался от исходного пункта античной греческой философии. Философия Декарта исходила не из основного начала или основного вещества, а пыталась создать основополагающее, достоверное знание. Декарт сознавал, что наше знание о нашем собственном мышлении достовернее нашего знания о внешнем мире. Но уже сама исходная позиция с ее треугольником: бог, мир и я — рискованно упрощает дальнейшие рассуждения. Стал теперь окончательным начавшийся с философии Платона разрыв между материей и духом или между душой и телом. Бог отделен от я так же, как и от мира. Фактически бог так высоко поднялся над миром и людьми, что в философии Декарта он появляется в конце концов только как общее исходное начало, которое осуществляет связь между я и миром.

В то время как античная натурфилософия пыталась найти порядок в бесконечном многообразии вещей и явлений с помощью одного основного начала, Декарт пытался создать порядок посредством основополагающего разделения. Однако три части, возникшие в процессе этого разделения, утрачивали многое в своей сущности, если любую из них рассматривать отдельно от двух других. В системе Декарта существенно, что бог присутствует в мире и в я и что я не может быть отделено от мира. Конечно, Декарт знал неоспоримую необходимость связи, однако философия и естествознание следующего периода развивались на основе полярности между «*res cogitans*» и

* Я мыслю, следовательно, я существую (лат.).

«*res extensa*» *, и естествознание направляло свой интерес прежде всего на «*res extensa*». Влияние картезианского разделения на человеческое мышление последующих столетий едва ли можно переоценить. Именно это разделение мы должны подвергнуть критике на основании развития физики нашего времени.

Очевидно, было бы неверно утверждать, что Декарт придал новое направление человеческой мысли посредством своего нового философского метода. Фактически он впервые сформулировал тенденцию человеческого мышления, которая уже наметилась в период Возрождения и Реформации. Для подтверждения вышесказанного можно, с одной стороны, упомянуть возрождение интереса к математике, которое объясняет возросшее влияние платонизма, и, с другой — устремление к личной религии. Возросший интерес к математике благоприятствовал философской системе, исходившей из логического анализа с целью достижения истины, которая была бы так же достоверна, как и вывод в математике: Требование личной религии отделяло *я* и его отношение к богу от мира. Интерес к соединению эмпирического знания с математикой, как это видно из работ Галилея, быть может, отчасти был обусловлен возможностью достижения знания таким путем, который совершенно отличен от теологических споров времен Реформации. Это эмпирическое знание достигалось и переводилось на математический язык без упоминания о боге или о нас самих и благоприятствовало разделению на три основных понятия: бог, мир и *я* — и разделению между «*res cogitans*» и «*res extensa*». В этот период существовало соглашение между пионерами нового опытного естествознания в том, чтобы в их дискуссиях не упоминалось имя бога или какой-либо другой конечной причины мира. С другой стороны, были видны и трудности картезианского разделения. Например, Декарт при разделении между «*res cogitans*» и «*res extensa*» ставил животных целиком на сторону «*res extensa*». Поэтому животные и растения принципиально ничем не отличались от машин, их поведение было полностью определено материальными причинами. Однако трудно было категорически отрицать в животных существование некоторого подобия души. С точки зрения наших современных представлений более древнее понятие души, например в философии Фомы Аквинского, по-видимому, естественнее, чем понятие «*res cogitans*» Декарта, даже если мы убеждены, что законы физики и химии строго выполняются и в живых организмах. Одним из выводов из этого взгляда Декарта было то, что если животных рассматривать как машины, то соответственно трудно и людей представлять как-то иначе. Так как, с другой стороны, «*res cogitans*» и «*res extensa*» в своей сущности считаются различными, то, по-видимому, невозможно представить, чтобы они взаимодействовали друг с другом. Поэтому, чтобы понять параллелизм между духом и телом, деятельность духа также должна быть детерминирована посредством законов, которые соответствуют физике и химии. В связи с этим

* «Существо мыслящее» и «существо протяженное» (лат.).

встает вопрос о возможности свободы воли. Ясно, конечно, что это описание отношения духа и тела весьма искусственно и показывает большие недостатки картезианского разделения. Но, с другой стороны, это разделение в естествознании имело положительное значение в течение нескольких столетий. Ньютоновская механика и другие разделы классической физики, построенные по ее образцу, базировались на предположении, что можно описать мир, не говоря о боге или о нас самих. Эта возможность оказалась чуть ли не необходимой предпосылкой для всего естествознания.

Но благодаря квантовой теории положение в описании мира в корне изменилось. Поэтому мы можем теперь перейти к оценке философии Декарта с точки зрения современной физики. Уже в предыдущих главах говорилось, что в копенгагенской интерпретации квантовой теории мы можем описывать природу, не вводя нас самих в качестве самостоятельных сущностей в это описание. Однако мы не можем уйти от факта, что естествознание создано людьми. Естествознание описывает и объясняет природу не просто так, как она есть «сама по себе». Напротив, оно есть часть взаимодействия между природой и нами самими. Естествознание описывает природу, которая отвечает на наши вопросы и подвергается нашим методам исследования. Об этой возможности Декарт еще и не думал, однако если это предположить, оказалось бы невозможным полное разделение между миром и я.

Если говорить о больших трудностях понимания копенгагенской интерпретации, с которыми сталкивался даже такой выдающийся ученый, как Эйнштейн, то корни этих трудностей можно проследить вплоть до картезианского разделения. Это разделение проникало глубоко в человеческое мышление в течение трех столетий после Декарта, и оно еще долго будет существовать — до тех пор, пока не возникнет новое понимание проблемы реальности.

Основная точка зрения, к которой прежде всего вело картезианское разделение в отношении «*res extensa*», сводится к взгляду, который можно назвать чем-то вроде метафизического реализма. Согласно этому взгляду, мир и то, что мы в нем воспринимаем, то есть протяженные вещи, существуют. Этот взгляд отличается от практического реализма, и различные формы реализма, по-видимому, могут быть представлены следующим образом: мы объективируем положение, если утверждаем, что его содержание не зависит от условий, при которых оно может быть проверено. Практический реализм допускает, что имеются положения, могущие быть объективированными, и фактически опыт повседневной жизни в большей своей части состоит из таких положений. Догматический реализм утверждает, что нет осмысленных положений о материальном мире, которые нельзя было бы объективировать. Практический реализм всегда являлся существенной основой естествознания и останется таковым в будущем. Догматический реализм, как мы теперь видим, не является необходимой предпосылкой естествознания. Несомненно, в прошлом в развитии естествознания он играл очень важную

роль. Фактически ведь точка зрения классической физики есть точка зрения догматического реализма. Только благодаря квантовой теории стало известно, что точное естествознание возможно и без догматического реализма в качестве своей основы. Когда Эйнштейн критиковал квантовую теорию, то он это делал исходя из догматического реализма. Это естественная позиция. Каждый ученый (естествоиспытатель), проводя исследование, испытывает чувство, что он ищет нечто объективно истинное. Он думает, что его высказывания не зависят от условий, при которых они проверяются. Тот факт, что в физике природу можно описать посредством простых математических законов, учит нас тому, что мы имеем здесь дело с подлинными чертами реальности, а вовсе не с тем, что мы в некотором смысле слова изобрели сами. Примерно это соображение имел в виду Эйнштейн, принимая догматический реализм в качестве основы естествознания. Квантовая теория служит примером возможности объяснить природу посредством простых математических законов, без этой основы. Эти законы далеко не так просты, как законы механики Ньютона. Однако, будучи сравнима с громадной сложностью объясняемых ею явлений (например, линейные спектры сложных атомов), математическая схема квантовой теории все-таки относительно проста. Фактически естествознание возможно и без догматического реализма как основы.

Метафизический реализм делает следующий в сравнении с догматическим реализмом шаг, заявляя, что вещи «действительно существуют». Именно это Декарт хотел доказать с помощью аргумента, что бог не может ввести нас в заблуждение. Положение, что вещи действительно существуют, отличается от положений догматического реализма тем, что в нем есть слово «существуют», имеющееся и в другом высказывании: «*Cogito, ergo sum*». Несмотря на это, представляет большие трудности попытка сделать больший вывод, чем тот, который содержится в тезисе догматического реализма.

Этим подводят к общей критике положение «*Cogito, ergo sum*», которое Декарт считал непоколебимой основой для своей системы. На самом деле правильно, что это положение имеет достоверность математического доказательства, если слова «*cogito*» и «*sum*» определены так, что высказывание логически правильно. О таком определении Декарт, конечно, не думал; он полагал, что уже известно, что означают «бытие» и «мышление». Но, по сути, это утверждение непосредственно не очевидно. Но если даже предпринята попытка уточнить приведенное определение, то благодаря этому еще не решается вопрос о том, как далеко можно идти по пути познания с подобным образом определенными понятиями «мышление» и «бытие». В конечном счете всегда встает эмпирический вопрос, насколько оправданно можно использовать понятия, уже имеющиеся в языке.

Вскоре после Декарта стали более очевидными трудности метафизического реализма, и они явились исходным пунктом эмпирической философии: сенсуализма и позитивизма.

Представителями ранней эмпирической философии являются три

философа: Локк, Беркли и Юм. Локк в противовес Декарту учит, что все знание в конечном счете основано на опыте. При этом речь может идти или о чувственном опыте, или об опыте, определяющем особенности нашего мышления. Знание, как говорит Локк, есть понимание соответствия или несоответствия между идеями. Следующий шаг был сделан Беркли: если фактически все наше знание основывается на восприятии, на ощущении, то утверждение, что вещи действительно существуют, бессмысленно. Если восприятия даны, то уже нельзя провести никакого различия, существуют ли вещи или не существуют. Поэтому существование и ощущение одно и то же. Этот способ доказательства был доведен затем до крайнего скептицизма Юмом, который отрицал индукцию и закон причинности и благодаря этому пришел к таким выводам, что, если их принять, они разрушат все основы эмпирического естествознания.

Критика метафизического реализма, как она дана в эмпирической философии, по-видимому, справедлива, поскольку она представляет общее предостережение против слишком наивного употребления слова «существование». Однако положительные выводы самой эмпирической философии с подобной точки зрения могут быть подвергнуты критике. Наши ощущения не являются первичными соединениями цветов и звуков. То, что мы воспринимаем, мы всегда воспринимаем уже как «нечто», как некую вещь, и потому весьма сомнительно, что вообще можно что-либо понять, если вместо вещей в качестве последних элементов реальности принять ощущения. Лежащие здесь в основе трудности наиболее четко были выявлены современным позитивизмом. Это направление мысли выражает критику наивного употребления определенных слов, таких, как «вещь», «ощущение», «существование» и т. д., выдвигая общее требование основательного исследования вопроса о том, имеет ли смысл данное высказывание или нет. Это требование и вытекающие из него следствия разработаны в математической логике. Образ действий точного естествознания понимается как связь символов и наблюдаемых явлений. Символы связываются между собой по определенным правилам, как и в математике, и таким путем высказывания о явлениях могут быть выражены посредством связи между символами. Связь между символами, не согласованная с определенными правилами, не только ложна, но и вообще не имеет никакого смысла. Трудность, несомненно присущая этому аргументу, состоит в том, что отсутствует общий критерий того, в каком случае высказывание должно рассматриваться как имеющее или не имеющее смысл. Ясное решение этого вопроса возможно в том случае, если высказывание принадлежит к замкнутой системе понятий и аксиом; однако в развитии естествознания это исключение из правил. В некоторых случаях происходило так, что определенное, казавшееся лишенным смысла высказывание исторически приводило к большому прогрессу; оно открывало возможность новой связи между понятиями, которая была бы противоречивой, если бы высказывание имело смысл. В качестве примера можно привести один из вопросов квантовой теории: «По какой траектории

движется электрон вокруг атомного ядра?» Однако, пожалуй, позитивистская схема мышления, развитая на базе математической логики, в целом слишком ограничена для описания природы, в котором все же необходимо употреблять слова и понятия, не всегда строго и точно определенные.

Философское положение, что все знание в конечном счете основывается на опыте, в конце концов именно в современном позитивизме ведет к требованию логического анализа каждого высказывания о природе. Такое требование, по-видимому, оправданно в классической физике. Однако с развитием квантовой теории мы узнали, что оно невыполнимо. Например, слова «координата» и «скорость» электрона раньше казались имеющими смысл как в отношении их значения, так и в отношении их возможной связи; фактически в рамках механики Ньютона они и были ясными и точными понятиями. Но с точки зрения современной физики они не являются таковыми, в чем можно убедиться на основании соотношения неопределенностей. Можно сказать, что они имеют смысл в отношении механики Ньютона, но не в отношении к природе. Это позволяет сказать, что никогда нельзя знать с самого начала границы в отношении применимости определенных понятий при расширении нашего знания. В особенности этого нельзя знать в том случае, когда это знание ведет в чрезвычайно далекую область природы, в которую мы можем проникнуть только с помощью современной техники эксперимента. Поэтому в этом процессе проникновения мы порою применяем наши понятия, которые не могут быть логически оправданы и в известной степени не имеют смысла. Абсолютное выполнение требования строгой логической ясности, вероятно, не имеет места ни в одной науке. Современная физика напоминает нам одну старую мудрость: не ошибается тот, кто молчит.

Связь двух направлений мысли, которые развиты, с одной стороны, Декартом, с другой — Локком и Беркли, была исследована в философии Канта, которая явилась началом немецкого идеализма. Та часть его работы, которая важна для сравнения с современной физикой, содержится в «Критике чистого разума». Кант поставил вопрос: основывается ли знание только на опыте или оно происходит и из других источников? Он пришел к заключению, что наше знание, по крайней мере частично, априорно и тем самым не выводится из опыта. Поэтому он делает различие между эмпирическим знанием и знанием «априори». Далее, он различает аналитические и синтетические суждения. Аналитические суждения следуют просто из логики, и отказ от них привел бы к внутренним противоречиям. Суждения не аналитические называются синтетическими.

Что служит критерием априорности знания? Кант согласен с эмпиризмом в том, что все знание начинается с опыта. Но он добавляет, что оно не всегда выводится из опыта. Опыт учит нас, что определенная вещь имеет те или иные свойства, но он ничего не говорит нам о том, что невозможно что-либо другое. Таким образом, если суждение, как формулирует Кант, мыслится одновременно вместе со своей

необходимостью, то есть если мы не можем высказать ему противоположное, то оно должно быть априорно. Опыт никогда не придает нашим суждениям всеобщность. Например, предложение «Солнце всходит каждое утро» означает, что мы не знаем на основании прошлого никакого исключения из этого правила и потому верим, что это повторится и в будущем. Однако можно предположить исключение из этого правила. Если суждение имеет всеобщий характер, то есть если нельзя представить себе исключение, то оно должно быть априорным. Аналитическое суждение всегда априорно. Даже если ребенок учится считать, играя маленькими шариками, то ему, чтобы узнать, что два и два — четыре, не требуется обращения к опыту. Подобные рассуждения — аналитические. Эмпирические суждения — синтетические.

Центральным для Канта является вопрос: «Могут ли быть синтетические суждения априорными?» Кант пытался это доказать, обращаясь к примерам, в которых, как ему казалось, вышеназванные критерии выполняются. Пространство и время, по Канту, — априорные формы созерцания. В случае пространства он выдвигал следующие метафизические аргументы.

Во-первых, пространство не является эмпирическим понятием, вытекающим из внешнего опыта. Именно чтобы некоторые ощущения относились к чему-то вне меня, для этого уже должно лежать в основе представление о пространстве.

Во-вторых, пространство — необходимое представление априори, которое лежит в основе всех внешних восприятий. Нельзя представить, чтобы не было пространства, хотя и можно представить, что в пространстве ничего нет.

В-третьих, пространство — это не дискурсивное, или, как говорят, общее понятие отношения вещей, но чистое созерцание. Сначала можно представить только единое пространство, и если речь идет о многих пространствах, то понимают под этим только часть одного и того же единого пространства.

В-четвертых, пространство понимается как некоторая данная бесконечная величина. Никакое понятие не понимается так, будто оно содержит в себе бесконечное множество представлений. Однако пространство понимается именно так. Следовательно, первоначальное представление о пространстве есть созерцание априори, а не понятие.

Эти аргументы нами обсуждаться не будут. Они привлечены только в качестве иллюстрации того доказательства, которое провел Кант, чтобы показать, как возможны синтетические суждения априори.

Что касается физики, то Кант в качестве априорных категорий рассматривал не только пространство и время, но и закон причинности и понятия субстанции. Позднее он попытался также включить закон сохранения материи, равенство действия и противодействия и даже закон тяготения. Ни один физик сегодня не может следовать в этом вопросе за Кантом, если слово «априори» используется в абсолютном смысле. В математике Кант рассматривал евклидову геометрию как

априорную. Прежде чем учение Канта об априорности знания сравнить с результатами современной физики, мы должны вспомнить еще другую часть его произведения, которая позднее будет предметом нашего рассмотрения. В кантовской философии возник неприятный вопрос — существуют ли действительно вещи? — который в свое время дал повод к развитию эмпирической философии. Однако Кант в этом отношении не следовал Беркли и Юму, хотя с точки зрения логики это было бы вполне последовательно. Он сохранил в своей философии понятие «вещь в себе» и связал с ним причину ощущения, которая отлична от самого ощущения. Таким путем он сохранил связь с реализмом.

Если сравнить учение Канта с результатами современной физики, то на первый взгляд покажется, будто центральное понятие его философии — синтетическое суждение априори — полностью разрушено естественнонаучными открытиями нашего столетия. Теория относительности изменила наши представления о пространстве и времени, она выявила новые черты пространства и времени, которые нельзя было увидеть в кантовских априорных формах чистого созерцания. Закон причинности в квантовой теории не применяется или, во всяком случае, применяется не таким образом, как в классической физике, а закон сохранения материи для элементарных частиц вообще неверен. Естественно, Кант не мог предвидеть эти открытия. Но так как он был убежден, что его представления должны образовать основу для всякой метафизики будущего, то интересно выяснить, где оказались ложными его аргументы.

В качестве примера разберем закон причинности. Кант говорит: когда мы узнаем, что что-то произошло, то при этом всегда предполагаем, что нечто предшествовало этому, происходя по определенному правилу. Это, по утверждению Канта, является основой всякого естествознания. При этом неважно, всегда ли нам удастся найти предшествующее событие, из которого другое событие необходимо следует. Фактически мы его можем указать во многих случаях. Но даже если это невозможно, то никому не запрещается выяснить, что является этим предшествующим событием, и искать его. Таким образом, закон причинности просто сводится к методу научного исследования. Именно это условие делает науку возможной. Так как фактически мы этот метод применяем, то закон причинности априорен и не выводится из опыта.

Верно ли это в атомной физике? Например, атом радия излучает α -частицы. Время излучения нельзя предсказать. Исходя из опытных данных, физики могут только указать, что в среднем излучение имеет место приблизительно раз в 2 тысячи лет. Если излучение частиц наблюдается, то физики фактически уже не спрашивают о предшествующем процессе, из которого неизбежно должно следовать излучение. Логически рассуждая, по-видимому, можно найти такое предшествующее событие, только не нужно падать духом, если оно еще не найдено. Но почему после Канта научный метод изменился в этом основополагающем вопросе? Можно дать два ответа. Первый: благода-

ря эксперименту мы приходим к убеждению, что законы квантовой теории правильны; и если мы признаем эту правильность, то, следовательно, должны считать, что нет никакого предшествующего события, из которого с необходимостью должно в определенное время последовать излучение. Другой возможный ответ: мы знаем предшествующее событие, но знаем его не точно. Мы, конечно, знаем силы в атомных ядрах, ответственные за α -распад, но это знание содержит неопределенность, которая обусловлена взаимодействием атомного ядра с остальным миром. Если мы хотим знать причину, почему α -частицы излучаются именно в этот момент, то, по-видимому, должны для этого знать микроскопическое состояние всего мира, к которому мы и сами принадлежим, а это, очевидно, невозможно. Поэтому кантовский аргумент в защиту априорного характера закона причинности уже не действует.

Подобное рассуждение можно, пожалуй, привести и в отношении априорного характера форм созерцания: пространства и времени. Результат был тот же самый. Априорные представления, которые Кант принимал за неоспоримую истину, в своей первоначальной форме уже не содержатся в научной системе современной физики.

Несмотря на это, они в несколько ином отношении составляют существенную часть этой системы. При разъяснении копенгагенской интерпретации квантовой теории уже подчеркивалось, что мы вынуждены использовать классические понятия для того, чтобы иметь возможность описывать экспериментальное устройство или вообще чтобы говорить о части мира, которая не принадлежит к сфере нашего опыта. Применение этих классических понятий, таких, как пространство, время и закон причинности, фактически является предпосылкой для наблюдения атомных событий, и в этом смысле их можно считать априорными. Что Кант не предполагал, так это возможность, что эти априорные понятия, являющиеся предпосылкой для науки, в то же время имеют ограниченную область применения. Когда мы проводим эксперимент, то необходимо предположить причинную цепь событий, идущую от атомного события через наши приборы в конце концов к глазу наблюдателя. Если же существование этой причинной цепи не будет предполагаться, то ничего нельзя будет узнать об атомном событии. Но при этом мы не вправе забывать, что классическая физика и закон причинности обладают ограниченной областью применения. Это является основополагающим парадоксом квантовой теории, который не мог быть предвиден Кантом. Современная физика превратила кантовское положение о возможности синтетических суждений априори из метафизического в практическое положение. Благодаря этому синтетические суждения априори содержат характер относительной истины. Если кантовский априоризм именно так интерпретировать, то не будет никакого основания рассматривать ощущения как вещь, а не как данное. В новой физике, как и в физике классической, о событиях, которые не наблюдаются, можно говорить так же, как и о событиях наблюдаемых. Поэтому практический ре-

ализм в настоящее время является естественной составной частью новой интерпретации. В отношении «вещей в себе» Кант говорил, что на основании опыта мы не можем сделать заключение об их природе. Это утверждение, как заметил Вейцзеккер, имеет формальную аналогию в том факте, что, несмотря на применение классических понятий во всех экспериментах, возможно неклассическое поведение атомных объектов. Для физика «вещь в себе», поскольку он применяет это понятие, в конечном счете есть математическая структура. Однако в противоположность Канту эта структура косвенно выводится из опыта. При таком измененном понимании кантовский априоризм косвенно постольку связан с опытом, поскольку он образован в процессе развития человеческого мышления в далеком прошлом. Следуя этому аргументу, биолог Лоренц однажды сравнил априорные понятия со способами поведения, которые у животных называются врожденной схемой. Фактически весьма вероятно, что для некоторых примитивных организмов пространство и время отличаются от того, что Кант назвал пространством и временем как чистыми формами созерцания. Эти формы созерцания, по-видимому, принадлежат человеческому роду, но вовсе не принадлежат миру независимо от человека. Однако мы вступим в слишком сомнительную дискуссию, если будем следовать этому биологическому пониманию слова «априори». Это понимание приведено здесь лишь в качестве примера того, как можно в кантовском априоризме истолковать понятие «относительная истина».

Современная физика использовалась здесь как иллюстрация — или, лучше сказать, как модель — с целью проверить результаты некоторых важных философских систем прошлого, которые получили, естественно, очень широкое распространение. Выводы, к которым можно прийти в результате обсуждения философских систем от Декарта до Канта, можно сформулировать следующим образом.

Значения всех понятий и слов, образующиеся посредством взаимодействия между миром и нами самими, не могут быть точно определены. А это значит, что мы не знаем точно, в какой степени они могут нам помочь в познании мира. Иногда мы знаем, что они применяются в некоторых очень широких областях внутреннего или внешнего опыта, но мы никогда точно не знаем, где лежат границы их применимости. Это имеет место даже в отношении простейших и наиболее общих понятий, как существование или пространство и время. Поэтому путем только рационального мышления никогда нельзя прийти к абсолютной истине.

Конечно, понятия, принимая во внимание их взаимосвязь, могут быть строго определены. Фактически это происходит в том случае, если понятия становятся частью системы аксиом и определений, которые непротиворечиво устанавливаются математически. Такая группа связанных друг с другом понятий может быть применена в широкой области опыта и может помочь нам найти путь к познанию в этой области. Однако границы их применимости известны все же не точно или не полностью.

Даже если сознавать, что значение понятий никогда не может быть установлено с абсолютной точностью, все же надо иметь в виду, что некоторые понятия составляют существенную часть нашего естественнонаучного метода, так как они, по крайней мере в настоящее время, образуют конечный результат предшествующего развития человеческого мышления. Возможно, они унаследованы нами от наших предков, но, как бы то ни было, они служат необходимым инструментом в наше время для всякой научной работы. В этом смысле практически их можно считать априорными, но, быть может, в будущем будет обнаружено дальнейшее ограничение их применения.

VI. СООТНОШЕНИЕ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ И ДРУГИХ ОБЛАСТЕЙ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Уже неоднократно указывалось на то, что иногда естественно-научные понятия могут быть определены в отношении их связей совершенно исчерпывающе. Эта возможность четко выявилась впервые в ньютоновских «Началах», и именно по этой причине труд Ньютона оказал огромное влияние на все развитие естествознания в последующие столетия. Ньютон начинает свое изложение с нескольких определений и аксиом, связанных друг с другом таким образом, что возникает нечто, что можно назвать «замкнутой системой». Каждому понятию может быть придан математический символ, и затем связи между различными понятиями изображаются в виде математических уравнений, которые могут быть записаны с помощью этих символов. Математическое отображение системы обеспечивает невозможность возникновения противоречий внутри системы. Таким образом, возможные движения тел под действием сил представляются в конце концов в виде возможных решений математического уравнения или системы уравнений. Система определений и аксиом, могущая быть записанной в виде некоторого числа уравнений, рассматривается в таком случае как описание неизменной структуры природы, которая не может зависеть ни от конкретного места протекания процесса, ни от конкретного времени и, следовательно, имеет силу, так сказать, вообще независимо от пространства и времени.

Связь различных понятий системы между собой настолько тесна, что невозможно изменить ни одно из этих понятий, не разрушив одновременно всю систему.

На этом основании система Ньютона долгое время рассматривалась как окончательная. Наука считала, что в дальнейшем ее задачей является только применение ньютоновской механики ко все более широким областям опыта. И фактически физика почти в течение двух столетий развивалась только в этом направлении.

От теории движения материальной точки можно перейти к механике твердого тела, к вращательному движению, можно перейти также к рассмотрению непрерывного движения жидкостей или колебательных движений упругих тел. Все эти разделы механики были разработаны постепенно, по мере развития математики, особенно дифференциального исчисления, и результаты проверены в экспериментах. Акустика и гидродинамика стали разделами механики.

Другой наукой, к которой с успехом можно было применить ньютоновскую механику, была астрономия. Усовершенствование математических методов вело ко все более точному определению движений планет и их взаимных возмущений.

После открытия новых явлений в области электричества и магнетизма электрические и магнитные силы были уподоблены силам тяготения, и их влияние на движение тела снова можно было учесть с помощью аксиом ньютоновской механики. Наконец, в XIX столетии даже теория теплоты была сведена к механике — благодаря предположению о том, что теплота в действительности представляет собой сложное статистическое движение мельчайших частиц вещества. Соединяя с понятиями ньютоновской механики понятия математической теории вероятностей, Клаузиусу, Гиббсу и Больцману удалось показать, что основные законы учения о теплоте могут быть истолкованы как статистические законы, получающиеся из ньютоновской механики при ее применении к очень сложным механическим системам.

Итак, до этого момента задачи, поставленные ньютоновской механикой, последовательно выполнялись, и это сделало возможным понимание очень широкой области опыта. Первая трудность возникла при рассмотрении в работах Фарадея и Максвелла электромагнитного поля. В механике Ньютона сила тяготения считалась чем-то заданным, а не предметом дальнейших теоретических исследований. Однако в работах Фарадея и Максвелла силовое поле само стало объектом исследования. Физики решили узнать, как это поле, «силовое поле», изменяется как функция пространственных координат и времени. Поэтому они предприняли попытку найти уравнение движения для поля, а не элементарные законы движения для тел, на которые поле действует. Это возвращало к представлениям, распространенным в эпоху, предшествующую созданию ньютоновской механики. Действие, как казалось, может передаваться от одного тела к другому только тогда, когда оба тела касаются друг друга, например при ударе или посредством трения. Ньютон, напротив, предположив существование силы, действующей на больших расстояниях, а именно силы тяготения, ввел в физику новый и очень примечательный способ передачи действия сил. Теперь в теории силовых полей можно было в определенном смысле возвратиться к более старым представлениям о том, что действие всегда передается только от точки к соседней точке, и в математическом плане это требовало бы описания поведения полей дифференциальными уравнениями. Это оказалось действительно возможным, и поэтому описание электромагнитного поля, данное Максвеллом с помощью известных уравнений, считалось удовлетворительным решением проблемы сил или силовых полей. Однако в этом пункте программа, предписанная в свое время ньютоновской механикой, была фактически видоизменена. Аксиомы и определения Ньютона относились к телам и их движению. В теории же Максвелла силовые поля приобрели ту же самую степень реальности, что и тела в ньютоновской теории.

Новое понимание было принято, естественно, не сразу и не без возражений. Чтобы как-то избежать подобных изменений в наших представлениях о реальности, электромагнитные поля пытались сопоставить с полями упругих деформаций и натяжений и, следовательно, световые волны теории Максвелла — со звуковыми волнами в упругих телах. Поэтому многие физики полагали, что на самом деле уравнения Максвелла относятся к деформациям упругой среды, которую они называли эфиром. Это название было дано, только чтобы подчеркнуть, что среда является настолько легкой и разряженной, что она проникает внутрь других веществ и не может быть ни видима, ни ощутима. Такое объяснение было, конечно, не очень удовлетворительным, поскольку при данном способе рассуждений нельзя было увидеть, почему в свете нет продольных колебаний.

Наконец, теория относительности, о которой речь будет идти в следующей главе, показала совершенно убедительно, что от понятия эфира как субстанции, к которой относятся уравнения Максвелла, следует отказаться. Аргументы, доказывающие этот вывод, здесь не могут быть изложены подробно. Результатом явилась, во всяком случае, необходимость рассматривать поля как независимую реальность.

Дальнейшим и еще более тревожным выводом специальной теории относительности явилось открытие новых свойств пространства и времени, или, более правильно, связей пространства и времени между собой, связей, которые до того не были известны и, следовательно, не имели места в механике Ньютона.

Под впечатлением этой совершенно новой ситуации многие физики пришли к преждевременному заключению, будто бы ньютоновская механика в настоящее время окончательно опровергнута. Первичной реальностью является якобы поле, а не тела, и структура пространства и времени правильно описывается формулами Лоренца и Эйнштейна, а не аксиомами Ньютона. Ньютоновская механика справедлива разве только как хорошее во многих случаях приближение, которое, однако, теперь должно быть улучшено, чтобы уступить место более строгому и более точному описанию природы.

Но такое утверждение с общей точки зрения, наконец-то достигнутой в квантовой теории, надо рассматривать как совершенно неудовлетворительное изображение действительного положения вещей. Ибо, во-первых, это утверждение упускает из виду то обстоятельство, что большинство экспериментов по измерению полей основывается на применении ньютоновской механики, и, во-вторых, механика Ньютона, собственно говоря, не может быть улучшена, она может быть только заменена чем-то от нее существенно отличным.

Развитие квантовой теории показало, что более правильно положение можно описать следующими словами. Всюду, где понятия механики Ньютона могут быть применены для описания процессов природы, законы, сформулированные Ньютоном, также являются справедливыми и не могут быть улучшены. Электромагнитные же явления

не могут быть должным образом описаны с помощью понятий ньютоновской механики. Поэтому эксперименты над электромагнитными полями и световыми волнами совместно с их теоретическим анализом, проведенным Максвеллом, Лоренцом и Эйнштейном, привели к новой замкнутой системе определений, аксиом и понятий, которую можно представить с помощью математических символов, к системе, такой же непротиворечивой и замкнутой, что и система ньютоновской механики (хотя и существенно отличающейся от системы Ньютона).

Отсюда следовало, что даже те ожидания, которые со времени Ньютона сопровождали труд ученого, ныне должны быть изменены. Прогресс науки, очевидно, не мог быть все время связан с тем, что для объяснения новых явлений применялись только известные законы природы. В некоторых случаях наблюдаемые новые явления могут быть поняты только с помощью новых понятий, которые таким же образом соответствуют новым наблюдаемым фактам, как в свое время ньютоновские понятия соответствовали механическим процессам. Новые понятия снова могут быть связаны в замкнутую систему и выражены с помощью математических символов. Но если прогресс физики или, шире, естествознания идет в этом направлении, то возникает вопрос: каково соотношение между различными системами понятий? Если, например, одни и те же понятия и слова имеются в двух различных системах и определяются в них в отношении своих взаимных связей по-разному, то в каком смысле можно говорить, что эти понятия отображают реальность?

Эта проблема возникла уже в то время, когда создавалась теория относительности. Понятия пространства и времени необходимы как механике Ньютона, так и теории относительности. Но в механике Ньютона пространство и время независимы друг от друга. В теории относительности они связаны друг с другом преобразованиями Лоренца. В этом частном случае можно, правда, показать, что утверждения теории относительности в предельном случае, когда все скорости тел системы очень малы по сравнению со скоростью света, переходят в утверждения ньютоновской механики. Отсюда можно заключить, что понятия ньютоновской механики не могут применяться к процессам, при которых имеют место механические скорости, сравнимые со скоростью света. Таким образом, было в конце концов найдено существенное ограничение применимости понятий ньютоновской механики, которое нельзя усмотреть в самой этой замкнутой системе понятий или посредством наблюдений только над механическими системами.

Поэтому соотношение двух различных замкнутых систем понятий всегда требует очень тщательного исследования. Прежде чем приступить к общему обсуждению структуры таких замкнутых и взаимосвязанных систем понятий и их возможных соотношений, необходимо хотя бы кратко перечислить те системы понятий, которые определены и разработаны в физике к настоящему времени. В наши дни можно различать четыре большие системы, уже нашедшие свою окончательную форму.

Первая система — механика Ньютона — уже обсуждалась. Она пригодна для описания всех механических процессов, движения жидкостей и упругих колебаний тел. Она включает акустику, статику, аэродинамику и гидродинамику. Астрономия, в той степени, в какой она имеет дело с движениями небесных светил, также принадлежит к этой системе.

Вторая замкнутая в себе система сформировалась в XIX столетии в связи с теорией теплоты. Хотя в конечном счете теорию теплоты удалось благодаря созданию так называемой статистической механики связать с механикой, эту систему было бы лучше все же не рассматривать как часть механики. Ибо по крайней мере в феноменологической теории теплоты используется ряд понятий, не имеющих аналога в других разделах физики, а именно понятия теплоты, удельной теплоты, энтропии, свободной энергии и т. д. Если от этого феноменологического описания переходят к статистическому, рассматривая теплоту как энергию, статистически распределенную по многим степеням свободы системы, обусловленным атомарным строением вещества, теория теплоты оказывается тогда связанной с механикой не более, чем с электродинамикой или какими-нибудь другими разделами физики. Центральным понятием такого статистического толкования учения о теплоте является понятие вероятности, тесно связанное с понятием энтропии в феноменологической теории. Наряду с ним решающую роль в статистической теории теплоты играет также понятие энергии. Но всякая замкнутая в себе и непротиворечивая система определений и аксиом в физике обязательно должна содержать также понятия энергии, количества движения, вращательного момента, а также требования, что эти величины при определенных внешних условиях должны сохраняться. Последнее имеет место, как показывает более точное исследование, только тогда, когда замкнутая система должна описывать черты природы, относящиеся ко всем моментам времени и положениям, другими словами — черты, не зависящие от координат и времени, или, как выражаются математики, инвариантные относительно определенных сдвигов в пространстве и во времени, относительно вращений в пространстве или преобразований Галилея или Лоренца. Тем самым теория теплоты может быть связана с какой угодно из других замкнутых систем понятий в физике.

Третья замкнутая система понятий и аксиом выведена из электрических и магнитных явлений, получив свою окончательную форму в первом десятилетии XX века в работах Лоренца, Эйнштейна и Минковского. Она охватывает электродинамику, специальную теорию относительности, оптику, магнетизм, и в нее можно включить даже дебройлевскую теорию волн материи, и при этом — для всех элементарных частиц различных видов. Правда, волновая механика Шредингера к этой системе не принадлежит.

Наконец, четвертая замкнутая система — квантовая теория, в том ее виде, как она описана в первых двух главах этой книги. Ее центральным понятием является функция вероятности, или, если использовать более строгий математический язык, «статистическая матрица»

ца». Эта система охватывает квантовую и волновую механику, теорию атомных спектров, химию и теорию других свойств материи, как, например, проводимости, ферромагнетизма и т. д.

Соотношения между этими четырьмя замкнутыми системами понятий можно, пожалуй, обрисовать следующим образом. Первая система содержится в третьей как предельный случай, когда скорость света можно считать бесконечной; она содержится также в четвертой как предельный случай, когда планковский квант действия можно считать бесконечно малым. Первая и отчасти третья системы необходимы для четвертой как априорное основание для описания экспериментов. Вторая система может быть без труда связана с каждой из трех других и особенно важна в соединении с четвертой. Независимость существования третьей и четвертой систем наводит на мысль о существовании пятой замкнутой системы понятий, в которой первая, третья и четвертая содержатся как предельные случаи. Эта пятая система когда-нибудь будет найдена в связи с теорией элементарных частиц.

При этом перечислении замкнутых систем понятий мы оставили в стороне общую теорию относительности, так как эта система понятий еще не нашла, пожалуй, своей окончательной формы, но следует отметить, что она определенно отличается от четырех других систем.

После этого краткого обзора вернемся к более общему вопросу о том, что именно следует рассматривать в качестве основания таких замкнутых систем аксиом и определений. Важнейшая черта состоит, пожалуй, в том, что можно найти непротиворечивое математическое представление системы. Такое представление гарантирует, что сама система не содержит никаких внутренних противоречий. Далее, система должна быть пригодной для описания широкой области опыта. Многообразие явлений в рассматриваемой области должно соответствовать многообразию решений, допускаемых уравнениями математической схемы. Границы этой области опыта не могут быть, вообще говоря, выведены из понятий. Понятия не определены строго в отношении их соотношения с природой — в противоположность их строгому определению в отношении их возможных взаимных связей. Границы применимости понятий должны, следовательно, находиться эмпирически, то есть просто из того факта, что эти понятия начиная с определенных моментов более не достаточны для полного описания наблюдаемых явлений.

После этого краткого анализа структуры современной физики следует обсудить соотношение между физикой и другими ветвями естествознания. Ближайшая соседка физики — химия. Фактически обе эти науки слились благодаря квантовой теории в нечто совершенно единое. Но сто лет назад они еще далеко отстояли друг от друга, их методы исследования были совершенно различны, и понятия химии в то время еще не имели никаких аналогичных им понятий в физике. Такие понятия, как валентность, активность, растворимость или летучесть, имели скорее качественный характер, и химия в то время вряд ли являлась точной наукой. Как только в середине прошлого

столетия была развита теория теплоты, ее начали применять к химическим процессам, и с этого времени научные работы в этой области определялись надеждой, что в один прекрасный день закономерности химии можно будет свести к механике атома. Но необходимо подчеркнуть, что в рамках ньютоновской механики это оказалось невозможным. Чтобы дать количественное описание химических закономерностей, необходимо сформулировать значительно более глубокую систему понятий атомной физики. Это удалось в конце концов сделать в квантовой теории, корни которой, таким образом, лежат в химии в такой же степени, как и в атомной физике. Далее было легко осознать, что химические закономерности не могут быть сведены просто к ньютоновской механике атомных частиц, так как химические элементы обнаруживают в своем поведении степень устойчивости, совершенно не свойственную механическим системам. Но только в боровской теории атома 1913 года эта точка зрения была высказана совершенно отчетливо. В качестве конечного результата можно, например, установить, что химические понятия в определенном смысле являются дополнительными по отношению к механическим понятиям. Если мы знаем, что атом находится в «низшем энергетическом состоянии», определяющем его химическое поведение, то мы не можем говорить в то же самое время о движении электронов в этом атоме.

Современное соотношение между биологией, с одной стороны, и физикой и химией — с другой, имеет, возможно, определенное сходство с соотношением между химией и физикой, имевшимся сто лет назад. Методы биологии весьма отличаются от методов физики и химии, а типично биологические понятия имеют скорее качественный характер, чем характер понятий точных естественных наук. Такие понятия, как жизнь, орган, клетка, функции органа, ощущение, не имеют подобных себе в физике или химии. С другой стороны, существенный прогресс, достигнутый в последние сто лет в биологии, получен благодаря применению к живым организмам законов физики и химии, и все устремления современной биологии направлены на то, чтобы объяснить биологические явления на основе известных физических и химических закономерностей. Здесь встает вопрос, обоснованна ли эта надежда.

Подобно тому как ранее в химии, ныне на основании самых простых биологических опытов осознают, что живые организмы обнаруживают такую степень устойчивости, какую вообще сложные структуры, состоящие из многих различных молекул, без сомнения, не могут иметь только на основе физических и химических законов. Поэтому к физическим и химическим закономерностям должно быть что-то добавлено, прежде чем можно будет полностью понять биологические явления.

В отношении этого вопроса в биологической литературе часто обсуждаются две четко отличающиеся друг от друга точки зрения. Одна из них ссылается на эволюционное учение Дарвина в его отношении к современной генетике. Согласно этой теории, единственным понятием, которое необходимо добавить к физике и химии,

чтобы понять жизнь, является понятие истории. Огромный период времени, примерно в четыре миллиарда лет, прошедший со времени образования Земли, дал природе возможность перебрать почти неограниченное многообразие молекулярно-групповых структур. Среди этих структур в конце концов появились такие, которые могли самоусложняться на основе более мелких групп окружающего вещества, и подобные структуры могли поэтому создаваться в большом количестве. Случайные изменения структур обуславливали еще большее многообразие имевшихся структур. Различные структуры вступали в борьбу за вещества, которые можно было использовать в окружающей материи. Таким образом, благодаря дарвиновскому отбору, благодаря «выживанию наиболее приспособленных» осуществилось в конце концов развитие живых организмов. Вряд ли можно сомневаться в том, что теория содержит очень большую долю истины, и многие биологи утверждают, что для объяснения всех биологических явлений вполне достаточно добавить к замкнутой системе понятий физики и химии понятия истории и развития. Один из аргументов, который часто приводят в пользу этой теории, подчеркивает, что повсюду, где можно проверить законы физики и химии, они всегда оказываются справедливыми также и в отношении живых организмов. Нельзя указать, кажется, ни одной точки, в которой можно было бы обнаружить действие особой жизненной силы, отличной от известных сил физики.

С другой стороны, именно этот аргумент очень много потерял в смысле своей убедительности в результате развития квантовой теории. Так как понятия физики и химии образуют замкнутую и непротиворечивую систему, а именно систему квантовой теории, уже из этого с необходимостью следует, что всюду, где эти понятия вообще могут быть применены для описания явлений, должны быть справедливы и связанные с этими понятиями законы. Всегда, когда живые организмы рассматриваются как физические и химические системы, они должны и вести себя как таковые. Единственный вопрос, касающийся степени правильности этой точки зрения, состоит в том, дают ли физические и химические понятия возможность полного описания организмов. Биологи, отвечающие на этот вопрос «нет», склоняются, вообще говоря, ко второй точке зрения, которая сейчас и будет нами рассмотрена.

Эта вторая точка зрения, пожалуй, может быть описана следующим образом. Трудно представить себе, что такие понятия, как ощущение, функционирование органа, склонность и т. д., должны принадлежать замкнутой системе понятий квантовой теории, если даже связать ее с понятием истории. С другой стороны, именно названные понятия, несомненно, необходимы для полного описания жизни, даже если исключить при таком рассмотрении прежде всего людей, так как существование человека ставит проблемы, выходящие за рамки биологии. Поэтому для понимания процессов жизни, вероятно, будет необходимо выйти за рамки квантовой теории и построить новую замкнутую систему понятий, предельными случая-

ми которой позднее могут оказаться и физика и химия. История может оказаться существенной частью этой системы, и такие понятия, как ощущение, приспособление, склонность, также будут отнесены к ней. Если эта точка зрения правильна, то соединения теории Дарвина с физикой и химией будет недостаточно для объяснения органической жизни. Но всегда будет оставаться справедливым то, что живые организмы в широком плане могут рассматриваться как физико-химические системы — как машины, по формулировке Декарта и Лапласа, и то, что, если их рассматривать как машины, они будут и вести себя как машины. Одновременно можно было бы принять, как предложил Бор, что наше знание о том, что клетка живет, возможно, является чем-то дополнительным по отношению к полному знанию ее молекулярной структуры. Так как полное знание этой структуры, по-видимому, может быть достигнуто только благодаря вмешательству, которое уничтожает жизнь клетки, то логически возможно, что жизнь исключает полное установление лежащих в ее основе физико-химических структур. Но даже если эту вторую точку зрения считать правильной, биологическим исследованиям едва ли можно рекомендовать иной путь, чем тот, которому мы обязаны большинством успехов за прошедшие столетия. Необходимо пытаться, насколько можно, объяснить все на основе известных физических и химических законов, и поведение организмов необходимо описывать тщательно и без теоретических предубеждений.

Первая из названных точек зрения распространена среди современных биологов более широко, чем вторая. Но экспериментальный материал, имеющийся в распоряжении в настоящее время, вряд ли может быть достаточен, чтобы определенно выбрать одну из них. Предпочтение, которое многие биологи оказывают первой точке зрения, может быть снова косвенным следствием картезианского разделения, оказавшего за прошедшие столетия столь глубокое влияние на человеческое мышление. Так как под «существом мыслящим» понимался только человек, я, то животные не могли иметь души, они относились исключительно к «существам протяженным». Отсюда следует, что для изучения животных можно применять те же методы исследования, что и для материи вообще, и что законов физики и химии вместе с понятием истории должно быть достаточно, чтобы объяснить их поведение. Если теперь в рассмотрении включаются «существа мыслящие», согласно Декарту, возникает совершенно новое положение, требующее также совершенно новых понятий. Но картезианское разделение является опасным упрощением, и поэтому вполне возможно, что правильна вторая точка зрения.

Независимо от этого вопроса, который пока не может быть решен, мы, по-видимому, еще очень далеки от замкнутой и непротиворечивой системы понятий для описания биологических явлений. Степень сложности в биологии столь обескураживающа, что сейчас еще нельзя представить, как может быть создана какая-нибудь замкнутая система, понятия которой определены столь четко, что становится возможным математическое представление.

Если выходят за рамки биологии и включают в обсуждение психологию, то едва ли можно сомневаться в том, что понятий физики и химии вместе с понятиями учения о развитии еще недостаточно для объяснения и описания фактов психологии. В этом пункте возникновение квантовой теории решительно изменило наши воззрения по сравнению с воззрениями XIX столетия. В то время некоторые ученые были склонны полагать, что факты психологии могут быть в конечном счете объяснены физикой и химией человеческого мозга. С точки зрения квантовой механики для таких предположений нет больше никаких оснований. Хотя в мозге физические процессы имеют отношение к психическим, все же нельзя предположить, что эти физические процессы достаточны для объяснения психических явлений. Мы, естественно, не стали бы сомневаться в том, что мозг ведет себя как физико-химический механизм, если его рассматривают в качестве такового. Но для понимания психических явлений следовало бы исходить из того факта, что в данном случае человеческий дух выступает в психологии и как объект, и как субъект научного исследования.

Если теперь рассмотреть еще раз различные замкнутые системы понятий, которые были созданы в прошлом или, возможно, будут созданы в будущем с целью научных исследований, то примечательно, что эти системы располагаются, по-видимому, в направлении возрастания вклада субъективных элементов в систему понятий. Классическая физика может рассматриваться как идеализация, при которой мы говорим о мире как о чем-то полностью от нас самих не зависящем. Первые три системы понятий соответствуют этой идеализации. Только первая из этих систем вполне соответствует понятию «априори» кантовской философии. В четвертой системе понятий, в квантовой теории, человек выступает как субъект науки — благодаря тем вопросам, которые ставятся перед природой и которые должны быть сформулированы в априорных понятиях человеческого естествознания. Квантовая теория уже не допускает вполне объективного описания природы. В биологии для полноты картины важно иметь в виду, что вопросы формулируются биологическим видом «человек», который сам принадлежит к числу живых организмов, — другими словами, то, что мы уже знаем, что представляет собой жизнь, даже до того, как дали ей научное определение. Но, видимо, не следует подробно развивать чисто спекулятивные соображения о возможной структуре системы понятий, которая еще вовсе не построена.

Если этот порядок или упорядочение сравнить с более старыми системами классификации, принадлежащими к более ранним эпохам естествознания, то примечательно, что в таком случае мир разделяется не на различные группы объектов, а на различные группы связей. В один из более ранних периодов естествознания различали, например, минералы, растения, животных, людей. Эти объекты рассматривались, каждый в своей группе, как имеющие различную природу, образованные из различных веществ и определяемые в своем поведении действием различных сил. Теперь мы знаем, что в конечном

счете всегда имеется одно и то же вещество, одни и те же химические соединения различного рода, которые могут входить в состав любого произвольного объекта — минералов, так же как и животных или растений. И силы, действующие между различными частями вещества, существенно одинаковы в различных объектах. Что можно действительно различать, так это род связей, наиболее существенных для определенных явлений. Если мы, например, говорим о действии химических сил, то имеем в виду род связи более сложный или, во всяком случае, отличный от того, который дан в ньютоновской механике. Мир представляется при такой точке зрения в виде сложного сплетения процессов, где весьма разнообразные связи меняются, пересекаются и действуют вместе и таким путем определяют структуру всего сплетения.

Если мы описываем группу связей с помощью замкнутой и связанной системы понятий, аксиом, определений и законов, что со своей стороны может быть снова представлено в виде материальной схемы, то мы фактически изолируем и идеализируем эту группу связей — с целью их научного изучения. Но даже если достигнута полная ясность, то всегда остается еще не известным, насколько точно соответствует эта система понятий реальности.

Эта идеализация может считаться также частью человеческого языка, возникшего в процессе нашей двусторонней «игры» с миром — как ответ человека на требования природы. При такой точке зрения идеализацию можно сравнить, например, с различными стилями в искусстве, скажем, со стилями архитектуры или музыки. Стиль можно определить как систему формальных правил, применяемых к материалу теми или иными видами искусства. Эти правила хотя и не могут быть удовлетворительно представлены с помощью системы математических понятий и уравнений, но их основные элементы все же очень родственны основным элементам математики или математического описания природы. Равенство, неравенство, повторение и симметрия, определенные групповые структуры играют в искусстве, так же как и в математике, фундаментальную роль. Обычно для развития формальной системы, являющейся стилем в искусстве, необходим труд нескольких поколений — чтобы пройти путь от его простых, исходных приемов до богатства более сложных форм, характеризующего завершение стиля. Интерес художника концентрируется на этом процессе кристаллизации, при котором материал искусства благодаря его деятельности принимает различные формы, вызванные к жизни исходными формальными понятиями этого стиля в искусстве. После завершения развития интерес с необходимостью снова убывает, ибо слово «интерес» означает «быть при чем-то, в чем-то», принимать участие в творческом процессе. Тогда этот процесс приходит к своему концу. Здесь также нельзя решить на основании самих формальных правил, насколько правила стиля представляют ту реальность жизни, которая имеется в виду в произведениях искусства. Искусство всегда есть известная идеализация; идеал всегда отличен от реальности — по крайней мере от реальности

теней, как говорил Платон,— но идеализация — необходимая предпосылка понимания.

Это сравнение различных систем понятий естествознания с различными стилями в искусстве, если рассматривать последние как довольно произвольные создания человеческого духа, может показаться весьма ошибочным. Можно было бы, например, в таком случае приводить в доказательство то, что различные системы понятий в естествознании отображают объективную реальность, которую нам преподносит природа, и что поэтому они не содержат никакого произвола, а, напротив, представляют собой необходимые следствия нашего все более растущего познания природы посредством эксперимента. В этом большинство естествоиспытателей, пожалуй, было бы согласно. Но являются ли различные виды стилей в искусстве произвольным созданием человеческого духа? Здесь также надо иметь в виду картезианское разделение на существа мыслящие и существа протяженные. Стиль возникает из взаимного общения между миром и нами самими, или, точнее, между духом времени и художником. Дух времени, вероятно, является столь же объективным фактом, как и какой-нибудь факт естествознания, и этот дух раскрывает определенные черты мира, которые сами независимы от времени и в этом смысле могут быть названы вечными. Художник пытается в своем произведении сделать эти черты понятными, и при этой попытке он приходит к формам стиля, в котором он и работает.

Поэтому оба процесса в науке и искусстве не так уж различны. Наука и искусство за прошедшие столетия образовали человеческий язык, на котором мы можем говорить о более удаленных сторонах действительности, и связанные системы понятий представляют собой, точно так же и различные стили в искусстве, в известной степени только различные слова или группы слов этого языка.

VII. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Теория относительности всегда играла в современной физике особо важную роль. В ней впервые была показана необходимость периодического изменения основополагающих принципов физики. Поэтому обсуждение тех проблем, которые были подняты и отчасти решены теорией относительности, существенно необходимо для рассмотрения философских аспектов современной физики. В известном смысле можно сказать, что создание теории относительности — в противоположность квантовой теории — потребовало сравнительно немного времени с момента окончательного осознания трудностей, о которых в данном случае шла речь, до их разрешения. Повторение опыта Майкельсона Морлеем и Миллером в 1904 году явилось первым надежным доказательством невозможности обнаружить поступательное движение Земли с помощью оптических методов, а решающая работа Эйнштейна появилась менее чем два года спустя. С другой стороны, опыт Морлея и Миллера и работа Эйнштейна явились все-таки, пожалуй, лишь последними фазами развития, которое началось гораздо ранее и которое, по-видимому, можно связать с проблемой «электродинамики движущихся сред».

Электродинамика движущихся сред оказалась важным разделом физики и техники с того времени, как начали строить электромоторы. Серьезная трудность выявилась в этой области только тогда, когда Максвелл вскрыл электромагнитную природу световых волн. Эти волны одним существенным свойством отличаются от других, уже известных ранее волн, например от звуковых волн. Они могут распространяться в пустом пространстве. Если звонок заставить звучать в сосуде, из которого откачан воздух, то звук не достигает пространства вне сосуда. Свет же свободно проходит сквозь безвоздушное пространство. Поэтому предположили, что световые волны можно рассматривать как упругие волны в очень легкой субстанции, называемой эфиром, которую нельзя ни видеть, ни ощущать, но которая заполняет как безвоздушное пространство, так и пространство, занятое другим веществом, например воздухом или стеклом. Мысль о том, что электромагнитные волны обладают своей собственной реальностью, независимой ни от каких тел, в то время еще не приходила физикам в голову. Так как это гипотетическое вещество — эфир — могло проникать во все другие тела, то встал вопрос: что происходит, если тело приведено в движение? Принимает ли эфир участие в этом движении, и если да, то как распространяется световая волна в этом движущемся эфире?

Эксперименты, которые дают ответ на этот вопрос, трудны по следующей причине: скорости движущихся тел обычно чрезвычайно малы по сравнению со скоростью света. Поэтому движение этих тел может вызвать только очень незначительные эффекты, приблизительно пропорциональные отношению скорости тела к скорости света или более высокой степени этого отношения. Разнообразные эксперименты Вильсона, Роуланда, Рентгена, Эйхенвальда и Физо позволили измерить такие эффекты с точностью, соответствующей первой степени этого отношения. Электронная теория, развитая Лоренцом в 1895 году, дала удовлетворительное описание этих эффектов «первого порядка». Но эксперимент Майкельсона, Морлея и Миллера создал новую ситуацию.

Этот эксперимент следует обсудить подробно. Чтобы получить большие эффекты, а тем самым и более точные результаты, казалось целесообразным экспериментировать с телами, движущимися очень быстро. Земля движется вокруг Солнца со скоростью около 30 км/сек. Если эфир покоится относительно Солнца и не увлекается Землей, то это быстрое движение эфира относительно Земли с необходимостью должно проявляться в изменении скорости распространения света на Земле. Тогда должны получаться различные значения скорости света, смотря по тому, как распространяется свет — в направлении движения Земли или перпендикулярно к этому направлению. Даже если эфир увлекается Землей частично, должен еще получаться некоторый эффект, так как имел бы место, так сказать, эфирный ветер, и этот эффект должен тогда зависеть, вероятно, от высоты над уровнем моря, на которой проводится эксперимент. Вычисление эффекта, который следует ожидать, показывает, что он в данном случае должен быть очень малым, так как оказывается пропорциональным квадрату отношения скорости Земли к скорости света. Поэтому необходимо поставить точные эксперименты по интерференции двух световых пучков, один из которых направлен параллельно, а другой — перпендикулярно к направлению движения Земли. Первый эксперимент такого рода, выполненный Майкельсоном в 1881 году, был недостаточно точен. Но и последующие повторные эксперименты не обнаружили ни малейших следов ожидаемого эффекта. Такого рода окончательным доказательством того, что эффект ожидаемого порядка величины не имеет места, являются в особенности эксперименты Морлея и Миллера 1904 года.

Их результат казался сначала непонятным, но он имеет отношение и к другому вопросу, незадолго до этого уже обсуждавшемуся физиками. В ньютоновской механике справедлив определенный принцип относительности, который можно характеризовать следующими словами: если в определенной системе отсчета законы ньютоновской механики выполняются для механического движения тела, в таком случае это имеет место и в любой другой системе отсчета, движущейся относительно первой системы равномерно и прямолинейно. Равномерное и прямолинейное движение не вызывает, таким образом, никаких

механических эффектов в этой системе, и поэтому эти эффекты не могут служить средством обнаружения такого движения.

Подобного рода принцип относительности, как казалось физикам, не мог быть справедлив в оптике и электродинамике. Ибо если первая система покоится относительно эфира, то движущаяся система, напротив, не находится в состоянии покоя, и отсюда следует, что движение этой второй системы относительно эфира можно наблюдать благодаря эффектам того рода, которые были исследованы Майкельсоном. Отрицательный результат опыта Морлея и Миллера 1904 года позволял поэтому снова воскресить идею о том, что принцип относительности такого рода все-таки, вероятно, мог быть также справедлив в электродинамике, как и ранее в ньютоновской механике.

С другой стороны, имелся старый опыт Физо 1851 года, который, казалось, непосредственно противоречил этому принципу относительности. Физо исследовал скорость света в движущейся жидкости. Если бы принцип относительности был справедлив, то суммарная скорость света в движущейся жидкости должна была бы быть равной сумме скорости жидкости и скорости света в покоящейся жидкости. Однако это было не так. Опыт Физо показал, что суммарная скорость была несколько меньше, чем указанная сумма.

Несмотря на это, отрицательный результат всех новейших попыток обнаружить движение относительно эфира побуждал физиков и математиков искать такое математическое толкование этих опытов, которое могло бы согласовать друг с другом волновое уравнение для распространения света и принцип относительности. Поэтому Лоренц предложил в 1904 году математическое преобразование, которое удовлетворяло этому требованию⁹. Он должен был для этого ввести гипотезу, что движущиеся тела сокращаются в направлении своего движения (причем коэффициент сокращения зависит от скорости тела), а также что в различных системах отсчета измеряются различные кажущиеся промежутки времени, которые во многих опытах играют ту же роль, какую до сих пор играли реальные промежутки времени. На таком пути он смог прийти к результатам, соответствующим принципу относительности; кажущаяся скорость света была теперь в каждой системе отсчета одной и той же. Подобные идеи обсуждались Пуанкаре, Фицджеральдом и другими физиками.

Решающий шаг был сделан в 1905 году Эйнштейном, истолковавшим кажущееся время в преобразованиях Лоренца как время реальное и исключившим из рассмотрения время, которое Лоренц называл «истинным». Это означало изменение оснований физики — совершенно неожиданное и радикальное изменение, для которого именно и была необходима смелость молодого и революционного гения. Чтобы сделать этот шаг в плане математического описания природы, надо было лишь применить к опыту преобразование Лоренца непротиворечивым образом. Однако благодаря новому истолкованию этого преобразования изменялись представления физиков о структуре пространства и времени, и многие проблемы физики предстали поэтому в новом свете. Эфирная субстанция,

например, оказывалась ненужной и могла быть просто вычеркнута из учебников физики. Так как в таком случае все системы отсчета, находящиеся относительно друг друга в состоянии равномерного и прямолинейного движения, при описании природы эквивалентны друг другу, то более не имеет никакого смысла высказывание о том, будто есть такая эфирная субстанция, которая в одной определенной системе из этих систем отсчета находится якобы в состоянии покоя. На самом деле принимать во внимание такую субстанцию больше не имеет смысла и много проще говорить, что световые волны распространяются в пустом пространстве и что электромагнитные поля обладают своей собственной реальностью и могут существовать в пустом пространстве.

Решающее изменение, однако, затрагивает структуру пространства и времени. Очень трудно описать это изменение словами обычного языка без применения математики, так как обычные слова «пространство» и «время» уже относятся к структуре пространства и времени, представляющей собой идеализацию и упрощение действительной структуры. Несмотря на это, необходимо попытаться описать новую структуру, и, пожалуй, это можно сделать следующим образом. Когда мы употребляем слово «прошлое», то тем самым имеем в виду все те события, о которых мы, по крайней мере в принципе, можем что-то знать и получить какие-то сведения. Подобным же образом слово «будущее» охватывает все те события, на которые мы, по крайней мере в принципе, еще можем воздействовать, которые мы можем как-то пытаться изменить или воспрепятствовать их свершению. Хотя сразу трудно утверждать, почему эти определения слов «прошлое» и «будущее» следует считать особенно целесообразными, но можно легко показать, что они в самом деле очень точно соответствуют обычному употреблению этих выражений. Если их употребляют подобным образом, то, как показывают результаты многих экспериментов, область событий, относимых к будущему или прошлому, не зависит от состояния движения или других свойств наблюдателя. На более строгом математическом языке можно сказать, что введенное определение инвариантно относительно перемещений наблюдателя. Оно справедливо как в ньютоновской механике, так и в теории относительности Эйнштейна.

Но здесь возникает существенное различие: в классической теории мы принимаем, что будущее и прошлое отделены друг от друга бесконечно малым интервалом времени, который можно назвать настоящим мгновением. В теории же относительности мы видели, что дело обстоит несколько иначе. Будущее отделено от прошлого конечным интервалом времени, длительность которого зависит от расстояния до наблюдателя. Какое угодно воздействие может распространяться только со скоростью, которая меньше или равна скорости распространения света. Поэтому наблюдатель в данное мгновение не может ни знать, ни оказать влияние на событие, происшедшее в некоторой удаленной точке в промежутке между двумя характеристическими моментами времени. Первый момент — мгновение,

в которое должен быть послан из места события световой сигнал, который достигнет наблюдателя в момент наблюдения. Другой момент — мгновение, в которое световой сигнал, посланный наблюдателем в момент наблюдения, достигает места события. Весь конечный интервал времени между обоими этими мгновениями может быть назван для наблюдателя в данный момент наблюдения «настоящим». Ибо любое событие, происшедшее в этот интервал времени, не может в момент выполнения наблюдения ни стать известным наблюдателю, ни испытать какое-либо воздействие последнего, и именно так было определено понятие «настоящее». Всякое событие, имеющее место между обоими характеристическими моментами времени, может быть названо «одновременным с актом наблюдения».

Использование выражения «может быть названо» уже указывает на двусмысленность слова «одновременно», объясняющуюся тем, что слово «одновременно» возникло из опыта повседневной жизни, в пределах которого скорость света можно считать практически бесконечно большой. На самом же деле слово «одновременно» может быть определено в физике несколько иначе, и Эйнштейн использовал в своих работах это второе определение «одновременности». Если два события в одной и той же точке пространства происходят одновременно, мы говорим, что они совпадают. Это выражение совершенно однозначно. Теперь представим себе три точки в пространстве, лежащие на одной прямой линии таким образом, что средняя точка находится на одном и том же расстоянии от обеих крайних. Если два события в обеих внешних точках происходят в такие моменты времени, что световые сигналы, посланные в момент свершения событий, приходя в среднюю точку, совпадают, то оба события можно определить как «одновременные». Это определение является в данном случае более узким, чем первое. Одно из его важнейших следствий состоит в том, что, когда два события одновременны для одного наблюдателя, они, возможно, не одновременны для другого наблюдателя; это будет иметь место, если второй наблюдатель движется относительно первого. Соотношение между обоими определениями слова «одновременно» можно выразить высказыванием: во всех случаях, когда два события одновременны в первом смысле, можно найти также систему отсчета, в которой они одновременны и во втором смысле. Несколько более наглядно положение вещей в целом можно, пожалуй, изобразить следующим образом: предположим, что спутник, вращающийся вокруг Земли, испускает сигнал, который через некоторый малый промежуток времени принимается станцией наблюдения на Земле. Эта станция наблюдения в ответ на данный сигнал посылает спутнику команду, которую он принимает через некоторый малый промежуток времени. Весь интервал времени между посылкой сигнала и приемом команды можно считать на спутнике, согласно первому определению, одновременным с моментом приема сигнала на Земле. Если на спутнике выбирается какое-либо определенное мгновение из этого интервала, то, хотя это мгновение, вообще говоря, в смысле второго определения, не

«одновременно» с моментом приема сигнала на Земле, всегда существует система отсчета, в которой эта одновременность имеет место.

Первое определение слова «одновременно» кажется несколько более соответствующим обычному употреблению этого слова в повседневной жизни, так как вопрос о том, одновременны ли два процесса, в повседневной жизни определено не зависит от системы отсчета. В обоих же релятивистских определениях понятие одновременности приобрело ту точность, которая совершенно отсутствовала у него в языке повседневной жизни. В квантовой теории физики должны были уже заранее осознать, что понятия классической механики описывают природу недостаточно точно, что квантовые законы ограничивают их применимость и что поэтому при их использовании необходима большая осторожность. В теории относительности физики, напротив, пытались изменить смысл слов классической физики, уточнив эти понятия таким образом, чтобы они точно соответствовали новой, только что познанной ситуации в природе.

Структура пространства и времени, выявленная теорией относительности, находит много проявлений в самых различных разделах физики. Электродинамика движущихся тел может быть без труда выведена из принципа относительности. Сам этот принцип может быть сформулирован как весьма общий закон природы, относящийся не только к электродинамике или механике, но и к любой группе законов природы: законы должны принимать одну и ту же форму во всех системах отсчета, отличающихся друг от друга лишь состоянием равномерного и прямолинейного движения. Они инвариантны, как можно сказать на языке математики, относительно преобразований Лоренца.

По-видимому, наиболее важным следствием принципа относительности является установление свойства инерции энергии, или эквивалентности массы и энергии. Так как скорость света играет роль предельной скорости, которая никогда не может быть достигнута никаким материальным телом, то можно легко понять, что движущееся тело должно приобретать ускорение с большим трудом, чем еще покоящееся тело. Инерция, стало быть, увеличивается с возрастанием кинетической энергии. Говоря обобщенно, каждый вид энергии несет в себе определенную инерцию, то есть массу, и масса, соответствующая данной энергии, равна этой энергии, деленной на квадрат скорости света. Всякая энергия несет, стало быть, с собой массу, но даже очень большие — по обычным понятиям — количества энергии дают все-таки лишь очень небольшое увеличение массы, и это является причиной того, что связь массы и энергии ранее не была обнаружена. Два закона — закон сохранения массы и сохранения энергии — потеряли свою независимую друг от друга справедливость и оказались объединенными в единый закон, который можно назвать законом сохранения энергии или массы.

50 лет назад, когда была создана теория относительности, эта гипотеза об эквивалентности массы и энергии революционизировала физику, но экспериментальных доказательств этого закона было тог-

да очень мало. В наши дни можно во многих экспериментах непосредственно видеть, как элементарные частицы рождаются из кинетической энергии и как такие частицы могут снова исчезнуть, превратившись в излучение. Поэтому ныне превращение энергии в массу и наоборот не представляет собой ничего необыкновенного.

Огромные количества энергии, которые освобождаются при атомных взрывах, представляют собой другое и гораздо более очевидное доказательство справедливости соотношения Эйнштейна. Но, вероятно, здесь следует сделать критическое замечание исторического порядка. Иногда утверждают, что огромные количества энергии возникают при атомных взрывах непосредственно вследствие превращения массы в энергию и что эти гигантские количества энергии могли быть предсказаны только на основе теории относительности. Это мнение основано, однако, на недоразумении. Большие количества энергии, запасенные в недрах атомных ядер, были известны со времени экспериментов Беккереля, Кюри и Резерфорда по радиоактивному распаду. Любое радиоактивное вещество, например радий, выделяет количество тепла, которое может быть высвобождено из такого же количества вещества в химической реакции. Энергия распада ядра урана имеет то же происхождение, что и энергия α -распада ядра радия, а именно в основном электростатическое отталкивание двух обломков, на которые атомное ядро распалось. Энергия, высвобождающаяся при атомном взрыве, выделяется, стало быть, непосредственно из этого источника, а не возникает благодаря превращению массы в энергию. Ибо число элементарных частиц с конечной массой покоя во время атомного взрыва совершенно не уменьшается. Правда, энергия связи «строительных кирпичей» атомного ядра проявляет себя также в массах покоя ядер, и поэтому высвобождение энергии косвенно связано и с изменением масс атомных ядер.

Эквивалентность массы и энергии, кроме своего огромного значения для практической физики, подняла также вопросы, связанные с очень старой философской проблематикой. Различные философские системы прошлого исходили из тезиса, что субстанция, или материя, неуничтожима. Эксперименты, которые проводятся в современной физике, показали, что элементарные частицы, например, позитроны и электроны, могут быть уничтожены и превращены в излучение. Означает ли это, что более старые философские системы тем самым опровергнуты новейшим опытом и что аргументы, выдвигающиеся в этих более ранних системах, должны считаться ложными?

Это было бы, несомненно, несколько преждевременное и неоправданное заключение, ибо понятия «субстанция» и «материя» в античной или средневековой философии нельзя просто отождествлять с понятием «масса» в современной физике. Если наши современные знания выразить на языке более старых философских систем, то можно было бы, например, массу и энергию рассматривать в качестве двух различных форм одной и той же субстанции и, таким образом, сохранить представление о неуничтожимости субстанции.

С другой стороны, едва ли можно сказать, что так уж много достигают, выражая новейшие знания на старом языке. Философские системы прошлого сформировались из всей совокупности знаний того времени и поэтому соответствуют тому образу мышления, какой приводил к этим знаниям. Имеется полное основание считать, что философы, размышлявшие о природе много столетий назад, не могли предвидеть развитие квантовой теории или теории относительности. Поэтому понятия, к которым философы давно прошедшего времени пришли на основе анализа своих знаний о природе, не могут ныне соответствовать явлениям, могущим быть наблюдаемыми только с помощью сложнейших технических средств нашего времени.

Но прежде чем будут обсуждены философские выводы из теории относительности, следует еще кратко обрисовать ее дальнейшее развитие.

Гипотетическая субстанция «эфир», игравшая столь важную роль в более ранних истолкованиях теории Максвелла в XIX столетии, как это уже упоминалось выше, была устранена теорией относительности. Это обстоятельство часто выражают также в виде утверждения, что теорией относительности было устранено абсолютное пространство. Но такое утверждение нуждается в некоторых оговорках. Правда, согласно специальной теории относительности, больше нельзя выбрать определенную систему отсчета, относительно которой эфир покоился бы и которая по этой причине заслуживала бы название «абсолютной». Но было бы все же неправильно утверждать, что теперь пространство будто бы потеряло все физические качества. Уравнения движения материальных тел или полей все еще принимают различный вид в «обычной» системе отсчета и в другой системе, равномерно вращающейся относительно «обычной» системы отсчета. Если ограничиваются теорией относительности 1905, 1906 годов, то существование центробежных сил во вращающейся системе отсчета доказывает, что существуют физические свойства пространства, позволяющие отличить вращающиеся системы от невращающихся.

В философском плане это не кажется удовлетворительным, и было бы предпочтительнее приписывать физические свойства только физическим объектам, как, например, материальным телам или полям, а не пустому пространству. Однако если ограничиться рассмотрением электромагнитных процессов и механических движений, то наличие этих свойств у пустого пространства следует просто из фактов, которые не могут быть оспорены, например из факта существования центробежной силы.

Тщательный анализ этой ситуации привел Эйнштейна примерно десятилетие спустя к весьма важному обобщению теории относительности, обычно называемому «общей теорией относительности». Но, прежде чем перейти к изложению основных идей новой теории, необходимо сказать несколько слов о степени достоверности, которая гарантирует справедливость этих двух разделов теории относительности. Теория, созданная в 1905—1906 годах, то есть так называемая «специальная» теория относительности, основана на множестве

очень точно проверенных экспериментальных фактов — на опытах Майкельсона и Морлея и многих других подобных экспериментах, на эквивалентности массы и энергии в очень большом числе радиоактивных процессов, на очень точно наблюдаемой зависимости времени жизни радиоактивных объектов от скорости радиоактивных частиц и т. д. Эта теория является, таким образом, твердым, надежным основанием современной физики и при нашем сегодняшнем знании не может быть оспорена.

В отношении общей теории относительности экспериментальные доказательства, напротив, гораздо менее убедительны, так как в общем экспериментальный материал очень ограничен. Имеется только несколько астрономических наблюдений, с помощью которых можно проверить справедливость предположений теории относительности. Поэтому вторая теория более гипотетична, чем первая.

Решающая фундаментальная гипотеза общей теории относительности — предположение о тождестве тяготеющей и инертной масс. Весьма тщательные измерения показали, что масса тела, определяемая его весом, в точности пропорциональна другой массе, определяемой инерцией тела. Даже самые точные измерения никогда не давали никаких отклонений от этого закона. Если этот закон имеет универсальное значение, то силы тяготения могут быть поставлены в параллель с центробежными или другими силами, возникающими как реакция на инерционные воздействия. Так как центробежные силы должны быть поставлены в связь с физическими свойствами пустого пространства, как это показано выше, то Эйнштейн пришел к гипотезе о том, что силы тяготения также соответствуют свойствам пустого пространства. Это был очень важный шаг, который тотчас же сделал необходимым новый шаг в том же направлении. Мы знаем, что силы тяготения вызываются массами. Поэтому если тяготение связано со свойствами пространства, то эти свойства пространства должны быть порождены массой или испытывать воздействия масс. Центробежные силы во вращающейся системе отсчета, возможно, должны вызываться вращением относительно этой системы весьма удаленных масс вселенной.

Чтобы провести в жизнь программу, намеченную в этих утверждениях, Эйнштейн должен был связать эти основополагающие физические соображения с математической схемой общей геометрии, развитой Риманом. Так как свойства пространства, очевидно, непрерывно меняются с изменением гравитационных полей, то геометрия мира должна быть подобной геометрии искривленных поверхностей, на которых прямые линии евклидовой геометрии должны быть заменены геодезическими линиями, то есть линиями наименьшей длины, и кривизна непрерывно меняется от точки к точке. В качестве окончательного результата Эйнштейн смог предположить в конце концов математическую формулировку соотношения между распределением масс и параметрами, определяющими геометрию. Эта теория правильно отображает общеизвестные факты, характеризующие тяготение. Она в очень хорошем приближении идентична с обыч-

ной теорией тяготения и, кроме того, предсказывает некоторые очень интересные эффекты, лежащие как раз на границе возможностей измерительных приборов. К ним относится, например, влияние силы тяготения на излучение.

Если массивная звезда испускает монохроматическое излучение, то световые кванты, удаляясь от звезды в поле ее тяготения, теряют часть своей энергии. Отсюда следует, что испускаемые спектральные линии должны испытывать смещение к красному концу спектра. До сих пор нет еще, как очень ясно показало обсуждение Фрейндлихом проведенных донне опытов, ни одного не вызывающего возражений экспериментального доказательства наличия этого красного смещения. Но было бы также преждевременно заключить, что опыты якобы опровергли предсказания теории Эйнштейна.

Луч света, проходящий вблизи Солнца, должен отклоняться полем тяготения Солнца. Это отклонение имеет, как экспериментально показано Фрейндлихом и другими астрономами, предсказываемый порядок величины. Но совпадает ли отклонение точно с предсказываемой теорией Эйнштейна величиной — этот вопрос остался еще не решенным.

Лучшим экспериментальным доказательством справедливости общей теории относительности является, кажется, движение перигелия орбиты планеты Меркурий, величина которого, по-видимому, находится в очень хорошем согласии с предсказаниями теории.

Хотя, таким образом, экспериментальный базис общей теории относительности еще довольно узок, она, однако, содержит идеи огромнейшей степени важности. В течение всего времени развития математики от античности до XIX столетия евклидова геометрия рассматривалась как самоочевидная. Аксиомы Евклида имели отношение к основаниям любой математической теории геометрического характера и представляли собой базис, который не мог быть поставлен под сомнение. Затем в XIX столетии математики Больяй и Лобачевский, Гаусс и Риман нашли, что можно построить другие геометрии, которые могут быть развиты с той же математической строгостью, что и евклидова. Поэтому вопрос о том, какая геометрия является справедливой, с этого времени становится эмпирическим. И только в трудах Эйнштейна этот вопрос смог быть поставлен как физический. Геометрия, о которой идет речь в общей теории относительности, включает в себя не только геометрию трехмерного пространства, но и четырехмерное многообразие пространства и времени. Теория относительности устанавливает связь между геометрией этого многообразия и распределением масс во вселенной. Значит, эта теория поднимает в новой форме старые вопросы пространства и времени в случае очень больших расстояний, и она предполагает ответы, которые могут быть проверены наблюдениями.

Следовательно, можно снова поставить очень старые философские вопросы, занимавшие человеческого разум со времени самых ранних эпох философии и науки: конечно или бесконечно пространство? Что было до начала времени? Что будет в конце времени? Или у вре-

мени нет ни начала, ни конца? Эти вопросы нашли различные ответы в различных религиях и философских системах. В философии Аристотеля, например, все пространство вселенной представлялось как конечное, хотя оно и было бесконечно делимо. Пространство возникает благодаря протяженности тел, оно в известном смысле растягивается телами. Поэтому там, где нет никаких тел, нет и пространства. Вселенная состоит из Земли, Солнца и звезд — конечного числа тел. По ту сторону сферы неподвижных звезд нет никакого пространства. Поэтому пространство вселенной и было конечным. В философии Канта этот вопрос принадлежал к тому, что он назвал «антиномиями», — к числу вопросов, на которые нельзя ответить, так как два различных доказательства ведут к взаимно противоположным выводам. Пространство не может быть конечным, потому что мы не можем себе представить «конец» пространства. И какой бы точки пространства мы ни достигли, мы всегда представляем себе, что можем двигаться еще дальше. Но пространство не может быть и бесконечным, потому что пространство — это нечто, что мы можем себе представить, иначе понятия пространства не возникло бы вовсе, а мы не можем представить себе бесконечное пространство. В отношении этого второго утверждения доказательство Канта нельзя передать дословно. Утверждение «пространство бесконечно» означает для нас нечто негативное: мы не можем дойти до «конца» пространства. Для Канта, однако, бесконечность пространства означает нечто действительно данное, нечто, что «существует» в смысле, который мы едва ли можем выразить. Кант приходит к выводу, что на вопрос о том, конечно или бесконечно пространство, нельзя дать никакого рационального ответа, потому что вселенная в целом не может быть предметом нашего опыта.

Подобное же положение возникает и относительно проблемы бесконечности времени. В исповеди Августина, например, вопрос поставлен в следующей форме: «Что делал бог до того, как он создал мир?» Августин не был удовлетворен известным ответом: «Бог был занят тем, что создавал ад для людей, задающих глупые вопросы». Это был бы слишком дешевый ответ, полагает Августин; и он пытается рационально проанализировать проблему: только для нас время течет, только мы ожидаем его как будущее, оно протекает для нас как настоящее мгновение, и мы вспоминаем о нем, как о прошлом. Но бог не находится во времени. Тысяча лет для него — что один день, и один день — что тысяча лет. Время было создано вместе с миром, оно, стало быть, принадлежит миру, и поэтому в то время, когда не существовало вселенной, не было и никакого времени. Для бога весь ход событий во вселенной был дан сразу. Значит, не было никакого времени до того, как мир был создан богом.

Правда, легко понять, что в подобных формулировках понятие «создан» тотчас же приводит к существенным трудностям. Это слово, в том виде как оно обычно употребляется, означает нечто, что возникает и чего ранее не существовало, и в этом смысле оно уже предполагает понятие времени. Поэтому в рациональных выражениях невоз-

можно дать определение того, что можно понимать под оборотом речи «время было создано». Это обстоятельство снова напоминает нам часто обсуждаемый урок, который необходимо извлечь из новейшего развития физики, а именно: что всякое слово или всякое понятие, каким бы ясным оно нам ни казалось, имеет все-таки только ограниченную область применения.

Эти вопросы о бесконечности пространства и времени могут быть в общей теории относительности поставлены и отчасти — на основании эмпирического материала — решены. Если теория правильно описывает связь четырехмерной геометрии пространства и времени с распределением масс во вселенной, то астрономические наблюдения о распределении спиральных туманностей в пространстве могут дать нам информацию о геометрии вселенной. Тогда можно будет построить по крайней мере модели вселенной, космологические картины, следствия которых могут быть сравнены с эмпирическими фактами.

Наши современные астрономические познания не позволяют окончательно решить, какую из нескольких возможных моделей следует выбрать. Может оказаться, что пространство вселенной конечно. Но это не означало бы, что в каком-нибудь месте есть «конец» вселенной. Это вело бы только к тому, что если бы мы все далее и далее продвигались во вселенной в одном определенном направлении, то в конце концов должны были бы возвратиться к точке, из которой начали движение. Положение, стало быть, напоминало бы двумерную геометрию на поверхности Земли, где мы также, если будем двигаться из определенной точки все далее и далее, скажем, в восточном направлении, в конце концов возвратимся к этой точке с запада.

Что касается времени, то здесь, кажется, что-то вроде «начала» имело место. Многие наблюдения указывают на то, что вселенная около 4 миллиардов лет назад имела «начало» или, во всяком случае, что в то время материя вселенной была сконцентрирована в значительно меньшем объеме пространства, чем сейчас, и что с того времени вселенная все еще продолжает расширяться из этого небольшого объема с различными скоростями. Это одно и то же время в 4 миллиарда лет все снова и снова появляется во многих различных наблюдениях, например возраста метеоритов, минералов на Земле и т. д., и поэтому было бы, вероятно, затруднительно найти этому объяснение, совершенно отличное от идеи возникновения мира 4 миллиарда лет назад. Если идея «возникновения» в этой форме окажется правильной, то это будет означать, что по ту сторону указанного момента времени — то есть ранее чем 4 миллиарда лет назад — понятие времени должно претерпеть существенные изменения. Это более осторожное заключение становится на место простой формулировки о создании мира. При современном состоянии астрономических наблюдений эти вопросы геометрии пространства-времени еще не могут быть решены с какой-нибудь степенью надежности. Но уже довольно интересно знать, что эти вопросы, возможно, позднее смогут быть решены в один прекрасный момент на прочной основе астрономических знаний.

Даже если дальнейшее рассмотрение ограничить более надежно обоснованной специальной теорией относительности, то можно не сомневаться, что эта теория в огромной степени изменила наши представления о структуре пространства и времени. Беспокоит в этих изменениях, пожалуй, не столько их особенная природа, сколько тот факт, что они вообще оказались возможны. Структура пространства и времени, которую Ньютон математически установил в качестве основы своего описания природы, не содержала никаких внутренних противоречий, была проста и очень точно соответствовала употреблению понятий пространства и времени, к которому мы привыкли в повседневной жизни. Соответствие фактически было столь близким, что ньютоновские определения можно было рассматривать просто как точную математическую формулировку этих понятий пространства и времени повседневной жизни. До теории относительности считалось само собой разумеющимся, что процессы могут быть упорядочены во времени независимо от их расположения в пространстве. Мы знаем, что в повседневной жизни это впечатление возникает потому, что скорость света значительно больше каких угодно других скоростей, с которыми имеют дело в повседневной жизни. В то время это ограничение, естественно, никто не представлял себе отчетливо. Но даже при условии, что сейчас мы знаем об этом ограничении, едва ли можно себе представить, что порядок событий во времени должен зависеть от их пространственного расположения, то есть от места, в котором они происходят.

Философия Канта позднее привлекла внимание к тому факту, что понятия пространства и времени включаются в наши отношения с природой, а не только принадлежат природе самой. Мы не можем описывать природу, не пользуясь этими понятиями. Поэтому в известном смысле эти понятия априорны, они представляют собой прежде всего условие опыта, а не результат опыта, и потому вообще предполагается, что они не могут быть изменены новым опытом. Ввиду этого необходимость изменения оказалась большой неожиданностью. Ученые в первый раз ощутили, какая необходима осторожность при попытках применить понятия повседневной жизни к усовершенствованному на базе новейшей экспериментальной техники опыту. Даже точная и непротиворечивая формулировка этих понятий на математическом языке ньютоновской механики или их тщательный анализ в философии Канта не дали никакой гарантии от необходимости их критического анализа, который стал возможен позднее благодаря исключительно точным измерениям. Это предупреждение позднее оказалось для развития новейшей физики чрезвычайно полезным, и понять квантовую теорию было бы наверняка значительно труднее, если бы успех теории относительности не предостерег физиков от некритического применения понятий, которые заимствованы из повседневной жизни или классической физики.

VIII. КРИТИКА И КОНТРПРЕДЛОЖЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ КОПЕНГАГЕНСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

Копенгагенская интерпретация квантовой теории далеко увела физиков от простых материалистических воззрений, господствующих в естествознании XIX столетия. Так как эти воззрения были не только самым тесным образом связаны с естествознанием того времени, но и очень обстоятельно проанализированы в некоторых философских системах и благодаря этому очень глубоко проникли в само мышление человечества, то вполне понятно, что было предпринято много попыток подвергнуть копенгагенскую интерпретацию критике и заменить ее другой, более соответствующей представлениям классической физики и материалистической философии.

Эти попытки предпринимаются с позиций, которые можно разделить на три различные группы. Представители первой группы хотя и принимают полностью копенгагенскую интерпретацию экспериментов, по крайней мере поскольку это касается экспериментов, проведенных до настоящего времени, но не удовлетворены используемым при этом языком, то есть лежащей в основе ее философией, и заменяют ее другой. Другими словами: они пытаются изменить философию, не меняя при этом физики. В некоторых работах представителей этой первой группы согласие с копенгагенской интерпретацией ограничивается экспериментальными предсказаниями этой интерпретации относительно всех экспериментов, которые были до сих пор проведены или которые только имеют отношение к обычной физике электронов.

Представители второй группы ясно представляют себе, что копенгагенская интерпретация является единственно приемлемым истолкованием, если экспериментальные данные действительно повсюду согласуются с предсказаниями этой интерпретации. Поэтому в работах этой группы делаются попытки в определенных критических пунктах изменить квантовую теорию.

Наконец, представители третьей группы просто выражают свою общую неудовлетворенность квантовой теорией, не выдвигая при этом определенных контрпредложений, будь они физического или философского характера. К представителям этой группы можно причислить Эйнштейна, Лауэ и Шредингера. Исторически возражения против копенгагенской интерпретации выдвигались прежде всего этой группой.

Все оппоненты квантовой теории едины, однако, в одном пункте. Было бы желательно, по их мнению, возвратиться к представлению о реальности, свойственному классической физике, или, говоря на более общем философском языке, к онтологии материализма, то есть к представлению об объективном, реальном мире, мельчайшие части которого существуют столь же объективным образом, что и камни и деревья, независимо от того, наблюдаем мы их или нет.

Но как разъяснено в одной из предыдущих глав, это невозможно или, во всяком случае, вследствие природы атомных явлений, возможно не полностью. Нашей задачей не может являться высказывание пожеланий относительно того, какими должны быть, собственно говоря, атомные явления. Нашей задачей может быть только понимание их.

Когда разбирают работы представителей первой группы, то важно с самого начала иметь в виду, что толкования, содержащиеся в этих работах, не могут быть опровергнуты экспериментом, так как они ведь только повторяют копенгагенскую интерпретацию на другом языке. Со строго позитивистской точки зрения можно было бы даже сказать, что здесь мы имеем дело совсем не с контрпредложениями, выдвинутыми против копенгагенской интерпретации, а с их точным повторением на другом языке. Поэтому можно только спорить о целесообразности этого языка. Эта группа контрпредложений использует идею «скрытых параметров». Так как законы квантовой теории предсказывают результаты эксперимента, вообще говоря, только статистически, то, основываясь на классической точке зрения, можно было бы предположить, что существуют скрытые параметры, которые, будучи ненаблюдаемы в любом обычном эксперименте, в действительности определяют результат эксперимента, как это всегда считалось ранее в соответствии с принципом причинности. Поэтому в некоторых работах была предпринята попытка изобрести такие параметры внутри рамок квантовой механики.

В этом плане выдвинул, например, свои контрпредложения против копенгагенской интерпретации Бом, идеи которого недавно были до некоторой степени поддержаны также де Бройлем¹⁰. Интерпретация Бом разработана вплоть до деталей. Поэтому она может служить здесь основой обсуждения. Бом рассматривает частицы как объективно существующие структуры, подобно материальным точкам классической механики. Волны в конфигурационном пространстве являются в его интерпретации также «объективно существующими», подобно электрическим полям. Правда, конфигурационное пространство представляет собой пространство многих измерений, относящихся к различным координатам всех принадлежащих систем частиц. В связи с этим возникает первая трудность: что имеют в виду, когда называют волны в конфигурационном пространстве «реально существующими»? Конфигурационное пространство представляет собой очень абстрактное пространство. Слово же «реальное» происходит от латинского слова «res» и означает «предмет», «вещь». Но вещи существуют в обычном, трехмерном, а не в абстрактном configura-

ционном пространстве. Рассмотрение волн в конфигурационном пространстве в качестве объективных имело бы оправдание лишь в том случае, если бы мы этим рассмотрением хотели сказать, что эти волны не зависят от наблюдателя. Но все же их вряд ли можно назвать действительно существующими, или реальными, если мы только не хотим произвольно менять значение слов. Бом определяет затем линии, пересекающие поверхности постоянной фазы под прямым углом, как возможные траектории частиц. Какая из этих линий окажется действительной траекторией частицы, зависит, по мнению Бом, от истории системы и свойств измерительного прибора, и решить этот вопрос, не зная о системе и измерительном приборе больше того, что фактически может быть известно, нельзя. Эта история (системы и прибора) фактически содержит в таком случае «скрытые параметры», а именно реальную траекторию электрона до того, как эксперимент начался.

Одним из следствий этой интерпретации, как подчеркнул Паули, является то, что электроны многих атомов в стационарном состоянии должны покоиться, что они, стало быть, не должны совершать никаких движений по орбитам вокруг атомного ядра. Это кажется на первый взгляд противоречащим эксперименту, так как измерения скоростей электронов в основном состоянии (например, с помощью Комптон-эффекта) всегда дают в итоге некоторое распределение электронов основного состояния по скоростям, которое в соответствии с правилами квантовой механики дается квадратом волновой функции в пространстве скоростей (импульсов). В этом случае, однако, Бом может ответить, что измерение не подлежит больше рассмотрению на основании прежних законов. Поэтому хотя при обычной оценке результата измерения в качестве распределения по скоростям будет получаться квадрат волновой функции в пространстве скоростей (импульсов), но если при рассмотрении измерительной аппаратуры принимать во внимание квантовую теорию и особенно введенные Бомом *ad hoc* квантово-механические потенциалы, то вывод — в действительности электроны в стационарном состоянии всегда покоятся — был бы все-таки допустим. Этому соответствует тот факт, что введенные Бомом в этой связи квантовые потенциалы имеют очень странные свойства: например, они отличны от нуля на любом сколь угодно большом расстоянии. Такой ценой Бом надеется получить возможность утверждать: «Для нас нет необходимости отказываться в области квантовой теории от точного, рационального и объективного описания индивидуальных систем». Но такое объективное описание разоблачает себя при этом как разновидность идеологической надстройки, только в очень малой степени связанной с непосредственной физической реальностью. Ибо ведь скрытые параметры в интерпретации Бомы таковы, что они никогда не могут встретиться в описании реальных процессов, поскольку квантовая теория остается неизменной.

Чтобы избежать этой трудности, Бом высказал надежду, что в будущих экспериментах (например, на расстояниях, меньших 10^{-13} см)

скрытые параметры все-таки еще будут иметь физический смысл, и тем самым квантовая теория может оказаться ложной. Бор по поводу высказывания таких надежд обычно говорит, что по структуре они подобны приблизительно такому утверждению: «Можно надеяться, что впоследствии окажется, что в некоторых случаях $2 \times 2 = 5$, ибо это было бы выгодно для наших финансов». На самом деле исполнение надежд Бомы лишило бы почвы не только квантовую механику, но тем самым и интерпретацию Бомы. Конечно, в то же время необходимо подчеркнуть, что приведенная аналогия, хотя она и представляется полной, не является с точки зрения логики неотразимым аргументом против возможного будущего изменения квантовой теории в предлагаемом Бомой направлении. Ибо в принципе можно себе представить, что, например, последующее развитие математической логики может придать определенный смысл утверждению, что в исключительных случаях 2×2 может быть равно 5 и что в таком случае эта обобщенная математика, возможно, даже будет использоваться для вычислений в области экономики. И все же на основании фактов, не прибегая даже к убедительным логическим аргументам, мы убеждены, что такие изменения в математике ничем не смогут помочь нашим финансам. Поэтому непонятно и то, как могут быть применены для описания физических явлений те математические идеи, на которые Бом указывает как на возможное осуществление своих надежд.

Если отвлечься от этого возможного изменения квантовой теории, то язык Бомы, как уже отмечалось, не говорит в отношении физики ничего иного, чем язык копенгагенской интерпретации. В таком случае остается только вопрос о целесообразности этого языка. Наряду с тем, что мы уже отмечали о траекториях частиц, когда рассматривали эти рассуждения как ненужную идеологическую надстройку, следует также отметить, что язык Бомы разрушает присущую квантовой теории симметрию координат и скоростей, или, точнее говоря, координат и импульсов. Так как свойства симметрии всегда имеют отношение к сокровеннейшей физической сущности теории, то остается непонятным, что мы выиграем от устранения их в соответствующем языке.

Подобное же возражение в несколько другой форме можно привести и против статистической интерпретации Боппа и несколько отличной от нее интерпретации Феньеша. Бопп принимает в качестве основного квантово-механического процесса возникновение и уничтожение частиц, которые являются реальными в классическом смысле слова, а именно в смысле материалистической онтологии, и законы квантовой механики рассматриваются как особый случай корреляционной статистики, которая здесь применяется к процессам возникновения и порождения частиц. Такая интерпретация может быть проведена, как показал Бопп, без противоречий, и она проливает свет на интересные связи между квантовой теорией и корреляционной статистикой. С физической точки зрения она ведет к тем же самым выводам, что и копенгагенская интерпретация. В позитивистском

смысле она, следовательно, опять же изоморфна этой интерпретации, так же как и интерпретация Бома. Однако в ее языке нарушается симметрия волн и частиц, являющаяся обычно особенно характерной чертой математической схемы квантовой теории. Уже в 1928 году Йордан, Клейн и Вигнер показали, что эта математическая схема может быть истолкована не только как квантование движения частиц, но и как квантование трехмерных материальных волн. Нет, следовательно, основания считать волны материи менее реальными, чем частицы. Симметрия волн и частиц могла бы в интерпретации Боппа сохраниться, пожалуй, в том случае, если бы соответствующая корреляционная статистика была развита и в применении к материальным волнам в пространстве и времени и если бы, таким образом, можно было оставить открытым вопрос о том, частицы или волны следует считать настоящей реальностью¹¹.

Предположение о реальном в смысле материалистической онтологии существовании частиц всегда необходимо ведет к попыткам считать, что по крайней мере в принципе возможны отклонения от соотношения неопределенностей. Например, Феньеш утверждает, что существование соотношения неопределенностей, которое он также связывает с определенными статистическими соотношениями, никоим образом не исключает возможность одновременного и сколь угодно точного измерения координат и скорости. Однако Феньеш не указывает, как такие измерения должны практически выглядеть, и поэтому его соображения, по-видимому, остаются абстрактно-математическими.

Вейцель, предложения которого родственны предложениям Бома и Феньеша, связывает искомые скрытые параметры с новым, придуманным *ad hoc* сортом частиц, зеронами, которые никаким способом невозможно наблюдать. Представление такого рода таит в себе опасность, что взаимодействие реальных частиц с зеронами приведет к рассеянию энергии по большому числу степеней свободы поля зеронов, так что вся термодинамика превратится в хаос. Вейцель не объяснил, как он сможет преодолеть эту опасность.

Точку зрения, из которой исходили в критике копенгагенской интерпретации все группы рассмотренных до сих пор физиков, вероятно, можно лучше всего охарактеризовать, если вспомнить дискуссию, посвященную специальной теории относительности. Те, кто не был удовлетворен устранением Эйнштейном абсолютного пространства и абсолютного времени, могли аргументировать примерно следующим образом. Специальная теория относительности никоим образом не доказала, что не существует абсолютное пространство и абсолютное время. Она только показала, что истинное пространство и истинное время во всех обычных экспериментах себя не проявляют. Но если правильно учесть соответствующие законы природы и таким образом ввести для движущихся систем координат правильные кажущиеся времена, то ничто не будет говорить против предположения об абсолютном пространстве. Было бы даже правдоподобно предположить, что центр тяжести нашей Галактики (по крайней мере

приближенно) покоится в абсолютном пространстве. Критик специальной теории относительности мог еще добавить, что можно надеяться, что в будущем измерения сделают определение абсолютного пространства, так сказать «скрытого параметра» теории относительности, возможным и тем самым теория относительности будет опровергнута.

Эту аргументацию нельзя, как это сразу видно, опровергнуть экспериментально, так как при этом не делается никаких утверждений, отличающихся от утверждений специальной теории относительности. Но такая интерпретация теории относительности нарушала бы, по крайней мере на применяемом языке, как раз важнейшее свойство симметрии теории относительности, а именно инвариантность относительно преобразований Лоренца, и поэтому ее следует считать неприемлемой.

Аналогия обсуждений специальной теории относительности с обсуждениями квантовой теории очевидна. Законы квантовой механики таковы, что введенные *ad hoc* скрытые параметры никогда нельзя будет наблюдать. Кроме того, важнейшие свойства симметрии были бы нарушены, если бы мы ввели в интерпретацию теории скрытые параметры в качестве фиктивных величин.

Возражения, которые содержатся в работах Блохинцева и Александрова, по самой постановке довольно отличны от обсужденных выше. Эти возражения с самого начала ограничиваются исключительно философской стороной вопроса. В физическом плане Блохинцев и Александров без всяких оговорок соглашаются с копенгагенской интерпретацией. Тем более резкими оказываются внешние формы полемики: «Среди самых разнообразных идеалистических направлений в современной физике так называемая «копенгагенская школа» — наиболее реакционная. Разоблачение идеалистических и агностических спекуляций этой школы вокруг копенгагенских проблем квантовой механики и посвящена данная статья», — пишет Блохинцев во введении к одной из своих статей. Резкость полемики показывает, что здесь идет речь не только о науке, но и о веровании. Цель критики высказана в заключение статьи цитатой из сочинения Ленина: «Как ни диковинно с точки зрения «здравого смысла» превращение невесомого эфира в весомую материю и обратно, как ни «странно» отсутствие у электрона всякой иной массы, кроме электромагнитной, как ни необычно ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений и т. д. — все это только лишнее *подтверждение* диалектического материализма»¹². Хотя, стало быть, предпосылки работ Блохинцева и Александрова лежат вне области естествознания, все же обсуждение их аргументов весьма поучительно.

В данном случае главная задача заключается в спасении материалистической онтологии, поэтому атакам подвергается прежде всего введение в интерпретацию квантовой теории наблюдателя. Александров пишет: «Поэтому под результатом измерения в квантовой меха-

нике нужно понимать объективный эффект взаимодействия электрона с подходящим объектом. Разговоры о наблюдателе нужно исключить и иметь дело с объективными условиями и объективными эффектами. Физическая величина есть объективная характеристика явления, а не результат наблюдения». Волновая функция характеризует, согласно Александрову, объективное состояние электрона.

В своем изложении Александров упускает, что взаимодействие системы с измерительным прибором в том случае, когда прибор и система считаются изолированными от остального мира и в целом рассматриваются в соответствии с квантовой механикой, как правило, не ведет к определенному результату (например, к почернению фотопластинки в определенной точке). Когда против этих заключений выдвигают утверждение: «Но в действительности пластинка после взаимодействия все-таки почернела в определенном месте», то тем самым от квантово-механического рассмотрения изолированной системы, состоящей из электрона и пластинки, отказываются. В этом заключается фактический характер события, которое может быть описано с помощью понятий повседневной жизни, в математическом формализме квантовой теории непосредственно не содержится и в копенгагенскую интерпретацию входит благодаря введению представления о наблюдателе. Конечно, не следует понимать введение наблюдателя неправильно, в смысле внесения в описание природы каких-то субъективных черт. Наблюдатель выполняет скорее функции регистрирующего «устройства», то есть регистрирует процессы в пространстве и времени; причем дело не в том, является ли наблюдатель аппаратом или живым существом; но регистрация, то есть переход от возможного к действительному, в данном случае, безусловно, необходима и не может быть исключена из интерпретации квантовой теории. В этом пункте квантовая теория самым тесным образом связана с термодинамикой, поскольку всякий акт наблюдения по всей своей природе является необратимым процессом. Только посредством таких необратимых процессов формализм квантовой теории может быть непротиворечивым образом связан с действительными процессами в пространстве и времени. С другой стороны, необратимость, если ее снова перевести на язык математического изображения событий, является следствием неполноты знаний, которые наблюдатель имеет о системе, и поэтому не является все-таки чем-то вполне объективным.

Формулировки Блохинцева несколько иные, чем Александрова. «В квантовой механике состояние частицы характеризуется действительно не «само по себе», а принадлежностью частицы тому или иному ансамблю (смешанному или чистому). Эта принадлежность имеет совершенно объективный характер и не зависит от сведений наблюдателя». Такие формулировки уводят на самом деле уж очень далеко (даже слишком далеко) от онтологии материализма. Дело в том, что, например, в классической термодинамике положение иное. При определении температуры системы наблюдатель подразумевает, что система представляет собой только один образец, выбранный

из канонического ансамбля, и он, следовательно, может считать, что система, по-видимому, обладает различными энергиями. Однако в действительности система имеет в классической физике в определенный момент времени только определенное значение энергии, все другие значения не реализуются. Наблюдатель, следовательно, впадет в ошибку, если будет считать возможным, что в данный момент существует другое значение энергии. Отсюда канонический ансамбль содержит высказывания не только о самой системе, но и о неполноте сведений наблюдателя о системе. Когда Блохинцев пытается в квантовой теории считать принадлежность системы к ансамблю чем-то вполне объективным, он употребляет слово «объективный» в смысле, отличающемся от употребления его в классической физике, ибо в ней эта принадлежность означает, как уже было отмечено, высказывание не только о системе, но и о степени знания системы наблюдателем. При рассмотрении квантовой теории необходимо кратко упомянуть об одном исключении. Если ансамбль характеризуется в квантовой теории только единственной волновой функцией в конфигурационном пространстве (а не как обычно — статистической матрицей), то создается особая ситуация (так называемый «чистый случай»), в котором описание может быть названо в известном смысле объективным и в котором элемент неполного знания непосредственно не обнаруживается. Но так как всякое измерение (из-за связанных с ним необратимых процессов) снова вводит потом элемент неполного знания, то и эта ситуация «чистого случая» все-таки не отличается принципиально от другого, ранее обсужденного более общего случая.

Из всего рассмотренного выше прежде всего видно, как трудно втиснуть новые идеи в старую систему понятий предшествующей философии, или, употребляя старинное выражение, как трудно наполнить новым вином старые меха. Такие попытки всегда неприятны, потому что заставляют снова и снова заниматься латанием неизбежных дыр в старых мехах, вместо того чтобы наслаждаться новым вином. С точки зрения здравого смысла нельзя ожидать, что мыслители, создавшие диалектический материализм более ста лет назад, могли предвидеть развитие квантовой теории. Их представления о материи и реальности не могут быть приспособлены к результатам нашей сегодняшней утонченной экспериментальной техники.

Здесь, пожалуй, следует сделать дополнительно несколько замечаний о позиции естествоиспытателя в отношении определенного мировоззрения. При этом безразлично, о религиозном или политическом мировоззрении идет речь. Принципиальное различие религиозного и политического мировоззрений, заключающееся в том, что последнее имеет отношение к непосредственной материальной реальности мира вокруг нас, в то время как первое имеет объектом другую реальность, лежащую по ту сторону материального мира, в данной постановке проблемы несущественно. Здесь следует обсудить проблему самой веры. Из того, что было до сих пор сказано, следует вывод, что ученый никогда не должен полагаться на какое-то един-

ственное учение, никогда не должен ограничивать методы своего мышления одной-единственной философией. Ученый должен быть готов к тому, что благодаря новым экспериментальным данным могут быть изменены и самые основы его знания. Но это требование по двум соображениям снова представляло бы собой слишком большое упрощение нашего положения в жизни.

Первое соображение состоит в том, что весь образ нашего мышления формируется в нашей юности, благодаря тем идеям, с которыми мы в это время сталкиваемся, или благодаря тому, что мы вступаем в контакт с выдающимися личностями, у которых мы учимся. Этот образ мышления будет оказывать решающее влияние на всю нашу последующую работу, и вследствие этого вполне возможны затруднения в процессе приспособления к совершенно другим идеям и системам мышления. Второе соображение состоит в том, что мы всегда принадлежим некоему обществу или общности. Эту общность связывают воедино общие идеи, общий критерий моральных ценностей или общий язык, на котором говорят о всеобщих проблемах жизни. Эти общие идеи могут поддерживаться авторитетом церкви, партии или государства, и даже если это не будет иметь место, все равно очень трудно отойти от общепринятых идей, не противопоставляя себя обществу. Но результаты научных размышлений могут противоречить некоторым из общепринятых идей. Без сомнения, было бы неразумно требовать, чтобы ученый вообще не был лояльным членом общества, чтобы он принципиально отказался от всех благ, которые можно получить, принадлежа коллективу, и было бы столь же неразумно желать, чтобы общие идеи коллектива или общества, которые с научной точки зрения всегда необходимо упрощаются, следует менять сразу же вслед за очередным успехом научного познания, что эти общие идеи должны быть, следовательно, такими же изменчивыми, как и научные теории. Поэтому и в наше время мы снова приходим к старой проблеме двойственности истины, которая неоднократно возникала в истории христианской религии в эпоху позднего средневековья. В то время появилось весьма спорное учение о том, что положительная религия независимо от того, какую форму она может принять, является для огромного большинства людей потребностью, в то время как ученый ищет собственно истину по ту сторону религии и может найти ее только там.

Наука является эзотерическим учением, — так было сказано, — она предназначена только для немногих. В наше время функции положительной религии в некоторых странах взяли на себя политические учения и общественные организации, но проблема, в сущности, осталась той же. Первым требованием в отношении ученого должно всегда оставаться требование интеллектуальной честности, в то время как общество часто будет просить ученого, вследствие изменчивости науки, подождать по крайней мере несколько десятилетий, прежде чем публично высказывать свое расходящееся с общепринятым мнение. Простого решения этой проблемы — если одной терпимости недостаточно, — вероятно, нет. Но, пожалуй, можно находить некото-

рое утешение в том факте, что здесь речь идет, несомненно, о довольно старой проблеме, относящейся к жизни человека во все времена.

Теперь снова возвратимся к контрпредложениям копенгагенской интерпретации квантовой теории и рассмотрим при этом контрпредложения представителей второй группы. В этих контрпредложениях попытка построения иной философской интерпретации связана даже со стремлением изменить квантовую теорию. Добросовестная попытка в этом направлении предпринята Яноши, который осознал, что предположение о строгой справедливости квантовой механики заставляет нас отойти от представлений о реальности классической физики. Он поэтому пытается так изменить квантовую механику, чтобы многие ее результаты оставались в силе, но ее структура приближалась к структуре классической физики. Направлением своей атаки он избрал так называемую редукцию волнового пакета, то есть тот факт, что описывающая систему волновая функция в момент, когда наблюдателю становится известным результат наблюдения, меняется скачком. Яноши констатирует, что эта редукция не может быть выведена из уравнения Шредингера, и полагает, что отсюда можно заключить о наличии непоследовательности «ортодоксальной» интерпретации. Как известно, редукция волнового пакета появляется в копенгагенской интерпретации всегда в тех случаях (на языке формализма — всегда для «статистической смеси» состояний), когда завершается переход от возможного к действительному, то есть когда действительное выбирается из возможного, что, согласно обычному описанию, делает наблюдатель. В основе этого лежит предположение, что интерференционные члены частично погашаются вследствие неконтролируемых взаимодействий измерительного прибора с системой и остальным миром (на языке формализма — взаимодействие «приготавливает» смесь). Яноши пытается в этом пункте, вводя затухание, так изменить квантовую механику, чтобы интерференционные члены по истечении конечного времени исчезали сами по себе. Даже если бы это соответствовало действительности, — а все проведенные донныне эксперименты не дают для этого никаких оснований, — то при такой интерпретации, как отмечает сам Яноши, остался бы еще ряд нежелательных следствий (например, волны, распространяющиеся быстрее скорости света, изменение временной последовательности причины и следствия для движущегося наблюдателя, то есть выделение определенных систем отсчета и т. д.). Поэтому мы вряд ли согласимся пожертвовать простотой квантовой теории ради такого рода представлений, пока нас не принудит к этому эксперимент.

Среди других оппонентов «ортодоксальной» интерпретации квантовой теории Шредингер занимает в определенном смысле исключительную позицию, поскольку он хотел бы приписывать объективную реальность не частицам, а волнам и не согласен интерпретировать волны только как волны вероятности. В своей работе «Существуют ли квантовые скачки?» он пытается вообще отвергнуть квантовые скачки. Но в работе Шредингера прежде всего содержится некоторое

непонимание обычной интерпретации. Он упускает из виду, что волнами вероятности в обычной интерпретации являются только волны в конфигурационном пространстве — то, что на языке математики можно назвать матрицами преобразования, — а не трехмерные волны материи или излучения. Последние объективно реальны в столь же большой и в столь же малой степени, что и частицы, хотя они не имеют непосредственно никакого отношения к волнам вероятности, но обладают, подобно максвелловскому полю, непрерывной плотностью энергии и импульса. Конечно, Шредингер правильно подчеркивает, что эти процессы можно считать более непрерывными, чем это делается в большинстве случаев. Однако Шредингер не может этим устранить из мира элемент прерывности, который в атомной физике обнаруживается повсюду, например очень наглядно — на сцинтилляционном экране. В обычной интерпретации квантовой теории этот элемент содержится в переходе от возможного к действительному. Сам Шредингер не делает никаких контрпредложений относительно того, как он представляет себе, например, введение всюду наблюдаемого элемента прерывности иначе, чем это делается в обычной интерпретации.

Наконец, критика, которая содержится в различных работах Эйнштейна, Лауэ и других, сосредоточивается вокруг вопроса о том, дает ли копенгагенская интерпретация возможность однозначного, объективного описания физических фактов. Ее наиболее важные аргументы могут быть выражены примерно в следующей форме. Математическая схема квантовой теории кажется вполне достаточным описанием статистики атомных явлений. Но, даже если ее утверждения относительно вероятностей атомных процессов вполне правильны, эта интерпретация все-таки не дает никакого описания того, что происходит на самом деле, независимо от наблюдений или между нашими наблюдениями. Что-нибудь должно ведь, однако, происходить — в этом мы можем не сомневаться. Это «что-нибудь» может быть, и нельзя описать с помощью понятий электрона, или волны, или светового кванта, но, поскольку оно не описывается каким-либо образом, задача физики еще не выполнена. Нельзя допустить, что квантовая физика относится только к акту наблюдения. Физик должен предполагать в своей науке, что он изучает мир, который создал не он сам и который существовал бы также и без него и в основном точно таким же. Поэтому копенгагенская интерпретация не дает никакого действительного понимания атомных процессов.

Легко видеть, что эта критика требует просто возврата к старой материалистической онтологии. Что же можно ответить на эту критику с точки зрения копенгагенской интерпретации?

Можно сказать, что физика является частью естествознания и в этом качестве должна стремиться к описанию и пониманию природы. Однако понимание любого рода, будь оно научным или нет, зависит от нашего языка, от того, что мы можем передавать наши мысли. Всякое описание явлений, опытов и их результатов

также основывается на языке как на единственном средстве понимания. Слова этого языка выражают понятия повседневной жизни, которые в научном языке физики могут быть уточнены до понятий классической физики. Эти понятия представляют собой единственное средство однозначной передачи сообщений о процессах, расположении приборов в опытах и их результатах. Поэтому когда физик-атомника просят дать описание того, что реально происходит в его опытах, то слова «описание», «реальность» и «происходит» могут относиться только к понятиям повседневной жизни или классической физики. Как только физик попытался бы отказаться от этой базы, он потерял бы возможность однозначно объясняться и не смог бы развивать свою науку далее. Поэтому всякое высказывание о том, что на самом деле происходит или произошло, является высказыванием, использующим понятия классической физики. Оно по своей природе вследствие законов термодинамики и соотношения неопределенностей оказывается неполным в отношении тех деталей атомных процессов, о которых в данном случае идет речь. Требование, что следует описывать и то, что в квантово-механическом процессе происходит в промежутке между двумя следующими друг за другом наблюдениями, является *contradictio in adjecto*, так как слово «описывать» имеет отношение только к применению классических понятий, тогда как эти понятия не могут быть применены в промежутках между двумя наблюдениями. Они могут применяться только в момент наблюдения.

Необходимо также подчеркнуть, что копенгагенская интерпретация квантовой теории никоим образом не является позитивистской. В то время как позитивизм исходит из чувственных восприятий элементов бытия, копенгагенская интерпретация рассматривает описываемые в классических понятиях объекты и процессы, то есть фактическое, в качестве основы всякого физического объяснения. Вместе с тем признается также, что статистичность природы законов микрофизики устранена быть не может, так как всякое знание «фактического» в силу квантово-механических законов природы является знанием неполным.

Онтология материализма основывалась на иллюзии, что в атомную область можно экстраполировать способ существования, непосредственно данное окружающего нас мира. Но эта экстраполяция невозможна.

Можно было бы добавить еще некоторые замечания относительно формальной структуры контрпредложений в отношении копенгагенской интерпретации. Все выдвинутые до сих пор контрпредложения в отношении копенгагенской интерпретации заставляют жертвовать существенными свойствами симметрии квантовой теории. Поэтому вполне можно предположить, что копенгагенская интерпретация является необходимой, если эти свойства симметрии, подобно свойству инвариантности относительно преобразований Лоренца, считать существенными свойствами природы. В пользу этого говорят и все проведенные до сих пор эксперименты.

IX. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ И СТРОЕНИЕ МАТЕРИИ

Понятие «материи» на протяжении истории человеческого мышления неоднократно претерпевало изменения. В различных философских системах его интерпретировали по-разному. Когда мы употребляем слово «материя», то надо иметь в виду, что различные значения, которые придавались понятию «материя», пока еще в большей или меньшей степени сохранились в современной науке.

Ранняя греческая философия от Фалеса до атомистов, искавшая единое начало в бесконечном изменении всех вещей, сформулировала понятие космической материи, мировой субстанции, претерпевающей все эти изменения, из которой все единичные вещи возникают и в которую они в конце концов снова превращаются. Эта материя частично идентифицировалась с некоторым определенным веществом — водой, воздухом или огнем, — частично же ей не приписывали никаких других качеств, кроме качеств материала, из которого сделаны все предметы.

Позднее понятие материи играло важную роль в философии Аристотеля — в его идеях о связи формы и материи, формы и вещества. Все, что мы наблюдаем в мире явлений, представляет собой оформленную материю. Материя, следовательно, является реальностью не сама по себе, но представляет собой только возможность, «потенцию», она существует лишь благодаря форме¹³. В явлениях природы «бытие», как называет его Аристотель, переходит из возможности в действительность, в актуально свершившееся, благодаря форме. Материя у Аристотеля представляет собой не какое-либо определенное вещество, как, например, воду или воздух, не является она также и чистым пространством; она оказывается в известной степени неопределенным телесным субстратом, который содержит в себе возможность перейти благодаря форме в актуально свершившееся, в действительность. В качестве типичного примера этого соотношения между материей и формой в философии Аристотеля приводится биологическое развитие, в котором материя преобразуется в живые организмы, а также создание человеком произведения искусства. Статуя потенциально содержится в мраморе уже до того, как ее высекает скульптор.

Только значительно позднее, начиная с философии Декарта, материю как нечто первичное стали противопоставлять духу. Имеются два дополняющих друг друга аспекта мира, материя и дух, или, как

выражался Декарт, «*res extensa*» и «*res cogitans*». Поскольку новые методологические принципы естествознания, особенно механики, исключали сведение телесных явлений к духовным силам, то материя могла быть рассматриваема только как особая реальность, независимая от человеческого духа и от каких-либо сверхъестественных сил. Материя в этот период представляется уже сформировавшейся материей, и процесс формирования объясняется причинной цепью механических взаимодействий. Материя уже утратила связь с «растительной душой» аристотелевской философии, и поэтому дуализм между материей и формой в это время уже не играет никакой роли. Это представление о материи внесло, пожалуй, наибольший вклад в то, что мы ныне понимаем под словом «материя».

Наконец, в естествознании XIX столетия важную роль играл другой дуализм, а именно дуализм между материей и силой, или, как тогда говорили, между силой и веществом. На материю могут воздействовать силы, и материя может вызывать появление сил. Материя, например, порождает силу тяготения, и эта сила в свою очередь воздействует на нее. Сила и вещество являются, следовательно, двумя ясно различимыми аспектами физического мира. Поскольку силы являются также формирующими силами, это различие снова приближается к аристотелевскому различению материи и формы. С другой стороны, именно в связи с новейшим развитием современной физики, это различие силы и вещества полностью исчезает, так как всякое силовое поле содержит энергию и в этом отношении представляет собой также часть материи. Каждому силовому полю соответствует определенный вид элементарных частиц. Частицы и силовые поля — только две различные формы проявления одной и той же реальности.

Когда естествознание изучает проблему материи, ему следует прежде всего исследовать формы материи. Бесконечное многообразие и изменчивость форм материи должны стать непосредственным объектом исследования; усилия должны быть направлены на то, чтобы найти законы природы, единые принципы, которые могли бы служить направляющей нитью в этом бесконечном поле исследований. Поэтому точное естествознание и особенно физика уже давно концентрируют свои интересы на анализе строения материи и сил, которые это строение определяют.

Со времени Галилея основным методом естествознания является эксперимент. Этот метод сделал возможным перейти от общих исследований природы к специфическим исследованиям, выделить характеристические процессы в природе, на основе которых ее законы можно изучать более непосредственно, чем в общих исследованиях. То есть при изучении строения материи необходимо произвести над ней эксперименты. Необходимо поставить материю в необычные условия, чтобы изучить ее превращения в этих обстоятельствах, надеясь познать тем самым определенные фундаментальные черты материи, которые сохраняются при всех ее видимых изменениях.

Со времени формирования естествознания нового времени это было одной из важнейших целей химии, в которой довольно рано

пришли к понятию химического элемента. Субстанция, которая не могла быть разложена или расщеплена далее какими угодно средствами, имевшимися в то время в распоряжении химиков: кипячением, сжиганием, растворением, смешиванием с другими веществами, была названа «элементом». Введение этого понятия было первым и исключительно важным шагом в понимании строения материи. Многообразие имеющихся в природе веществ было тем самым сведено по крайней мере к сравнительно малому числу более простых веществ, элементов, и благодаря этому среди различных явлений химии был установлен определенный порядок. Слово «атом» поэтому и было применено к мельчайшей единице материи, которая входит в состав химического элемента, и самая маленькая частица химического соединения могла быть наглядно представлена в виде маленькой группы различных атомов. Мельчайшей частицей элемента железа оказался, например, атом железа, и наименьшая частица воды, так называемая молекула воды, оказалась состоящей из атома кислорода и двух атомов водорода.

Следующим и почти столь же важным шагом было открытие сохранения массы в химических процессах. Если, например, сжигается элемент углерода и при этом образуется двуокись углерода, то масса двуокиси углерода равна сумме масс углерода и кислорода до того, как процесс начался. Это открытие придало понятию материи прежде всего количественный смысл. Независимо от химических свойств материя могла быть измерена ее массой.

В течение следующего периода, главным образом в XIX столетии, было открыто большое число новых химических элементов. В наше время их число перешагнуло за 100. Это число, однако, совершенно ясно говорит о том, что понятие химического элемента еще не привело нас к тому пункту, исходя из которого можно было бы понять единство материи. Предположение о том, что существует очень много качественно различных видов материи, между которыми нет никаких внутренних связей, не было удовлетворительным.

К началу XIX столетия были уже найдены свидетельства в пользу наличия взаимосвязи между различными химическими элементами. Эти свидетельства заключались в том факте, что атомные веса многих элементов казались целочисленно кратными некоторой наименьшей единице, которая приблизительно соответствует атомному весу водорода. Подобие химических свойств некоторых элементов также говорило в пользу существования этой взаимной связи. Но только благодаря применению сил, которые во много раз сильнее, чем те, которые действуют в химических процессах, можно было действительно установить связь между различными элементами и подойти ближе к пониманию единства материи.

Внимание физиков было привлечено к этим силам в связи с открытием радиоактивного распада, осуществленного Беккерелем в 1896 году. В последовавших затем исследованиях Кюри, Резерфорда и других превращение элементов в радиоактивных процессах было показано со всей очевидностью. Альфа-частицы

испускались в этих процессах в виде обломков атомов с энергией, которая приблизительно в миллион раз больше, чем энергия единичной частицы в химическом процессе. Следовательно, эти частицы могли быть теперь использованы в качестве нового инструмента для исследования внутреннего строения атома. Ядерная модель атома, предложенная Резерфордом в 1911 году, явилась результатом экспериментов по рассеянию α -частиц. Важнейшей чертой этой известной модели было разделение атома на две совершенно различные части — атомное ядро и окружающие атомное ядро электронные оболочки. Атомное ядро занимает в центре только исключительно малую долю всего пространства, которое занято атомом, — радиус ядра приблизительно в сто тысяч раз меньше радиуса всего атома; но оно все-таки содержит почти всю массу атома. Его положительный электрический заряд, являющийся целочисленно кратным так называемому элементарному заряду, определяет общее число окружающих ядро электронов, ибо атом как целое должен быть электрически нейтрален; он определяет тем самым и форму электронных траекторий.

Это различие между атомным ядром и электронной оболочкой сразу дало согласованное объяснение тому факту, что в химии именно химические элементы являются последними единицами материи и что для превращения элементов друг в друга необходимы очень большие силы. Химические связи между соседними атомами объясняются взаимодействием электронных оболочек, и энергии взаимодействия при этом сравнительно малы. Электрон, ускоренный в разрядной трубке потенциалом всего в несколько вольт, обладает достаточной энергией, чтобы «разрыхлить» электронные оболочки и вызвать испускание света или разрушить химическую связь в молекуле. Но химическое поведение атома, хотя в основе его и лежит поведение электронных оболочек, определяется электрическим зарядом атомного ядра. Если хотят изменить химические свойства, нужно изменить само атомное ядро, а это требует энергий, которые примерно в миллион раз больше, чем те, которые имеют место при химических процессах.

Но ядерная модель атома, рассматриваемого как система, в которой выполняются законы ньютоновской механики, не может объяснить стабильность атома. Как было установлено в одной из предыдущих глав, только применение к этой модели квантовой теории может объяснить тот факт, что, например, атом углерода, после того как он взаимодействовал с другими атомами или излучил квант света, по-прежнему остается в конечном счете атомом углерода, с той же самой электронной оболочкой, какую он имел ранее. Эту стабильность можно просто объяснить на основе тех самых черт квантовой теории, которые делают возможным объективное описание атома в пространстве и во времени.

Этим путем было, следовательно, создано первоначальное основание для понимания строения материи. Химические и другие свойства атомов можно было объяснить, применяя к электронным оболочкам математическую схему квантовой теории. Исходя из этого осно-

вания, далее можно было пытаться вести анализ строения материи в двух различных направлениях. Можно было или изучать взаимодействие атомов, их отношение к более крупным единицам, таким, как молекулы или кристаллы или биологические объекты, или же можно было пытаться, исследуя атомное ядро и его составные части, продвинуться до того пункта, в котором стало бы понятным единство материи. Физические исследования форсированно развивались в прошедшие десятилетия в обоих направлениях. Последующее изложение и будет посвящено выяснению роли квантовой теории в обеих этих областях.

Силы между соседними атомами являются в первую очередь электрическими силами — речь идет о притяжении противоположных зарядов и об отталкивании между одноименными; электроны притягиваются атомным ядром и отталкиваются другими электронами. Но эти силы действуют здесь не по законам ньютоновской механики, а по законам квантовой механики.

Это ведет к двум различным типам связи между атомами. При одном типе связи электрон одного атома переходит к другому атому, — например для того, чтобы заполнить еще не совсем заполненную электронную оболочку. В этом случае оба атома оказываются в конечном счете электрически заряженными и получают название «ионов»; поскольку их заряды в таком случае противоположны, они взаимно притягиваются. Химик говорит в этом случае о «полярной связи».

При втором типе связи электрон определенным образом, характерным только для квантовой теории, принадлежит обоим атомам. Если использовать картину электронных орбит, то можно приблизительно сказать, что электрон обращается вокруг обоих атомных ядер и значительную долю времени проводит как в одном, так и в другом атоме. Этот второй тип связи соответствует тому, что химик называет «валентной связью».

Эти два типа связи, которые могут существовать во всевозможных комбинациях, вызывают в конечном счете образование различных совокупностей атомов и оказываются в конце концов определяющими все сложные структуры, которые изучаются физикой и химией. Итак, химические соединения образуются благодаря тому, что из атомов различного рода возникают небольшие замкнутые группы, и каждая группа может быть названа молекулой химического соединения. При образовании кристаллов атомы располагаются в виде упорядоченных решеток. Металлы образуются тогда, когда атомы расположены так плотно, что внешние электроны покидают свои оболочки и могут проходить сквозь весь кусок металла. Магнетизм некоторых веществ, особенно некоторых металлов, возникает вследствие вращательного движения отдельных электронов в этом металле и т. д.

Во всех этих случаях дуализм между материей и силой еще может быть сохранен, так как ядра и электроны можно рассматривать как строительные кирпичи материи, которые удерживаются вместе с электромагнитными силами.

В то время как физика и химия (там, где они имеют отношение к строению материи) составляют единую науку, в биологии с ее более сложными структурами положение складывается несколько по-другому. Правда, несмотря на бросающуюся в глаза целостность живых организмов, резкое различие между живой и неживой материей, вероятно, проведено быть не может. Развитие биологии дало нам большое число примеров, из которых можно видеть, что специфически биологические функции могут выполняться особыми большими молекулами или группами, или цепями таких молекул. Эти примеры подчеркивают тенденцию в современной биологии объяснять биологические процессы как следствие законов физики и химии. Но род стабильности, который мы усматриваем в живых организмах, по своей природе несколько отличен от стабильности атома или кристалла. В биологии речь идет скорее о стабильности процесса или функции, чем о стабильности формы. Несомненно, квантово-механические законы играют в биологических процессах очень важную роль. Например, для понимания больших органических молекул и их разнообразных геометрических конфигураций существенны специфические квантово-механические силы, которые только несколько неточно могут быть описаны на основе понятия химической валентности. Опыты по биологическим мутациям, вызываемым излучением, показывают также как важность статистического характера квантово-механических законов, так и существование механизмов усиления. Тесная аналогия между процессами в нашей нервной системе и процессами, которые имеют место при функционировании современной электронной счетной машины, снова подчеркивает важность для живого организма отдельных элементарных процессов. Но все эти примеры все-таки не доказывают, что физика и химия, дополненные учением о развитии, сделают возможным полное описание живых организмов. Биологические процессы должны трактоваться естествоиспытателями-экспериментаторами с большей осторожностью, чем процессы физики и химии. Как пояснил Бор, вполне может оказаться, что описание живого организма, которое с точки зрения физика может быть названо полным, совсем не существует, потому что данное описание потребовало бы таких экспериментов, которые должны были бы прийти в слишком сильный конфликт с биологическими функциями организма. Бор описал эту ситуацию следующим образом: в биологии мы имеем дело скорее с реализацией возможностей в той части природы, к которой мы принадлежим, чем с результатами экспериментов, которые мы сами можем произвести. Ситуация дополнительности, в которой действительна эта формулировка, отражается как тенденция в методах современной биологии: с одной стороны, полностью использовать методы и результаты физики и химии и, с другой стороны, все же постоянно употреблять понятия, которые относятся к тем чертам органической природы, которые не содержатся в физике и химии, как, например, понятие самой жизни.

Пока мы провели, следовательно, анализ строения материи в одном направлении — от атома к более сложным структурам, со-

стоящим из атомов: от атомной физики к физике твердого тела, к химии и, наконец, к биологии. Теперь мы должны повернуть в противоположном направлении и проследить линию исследований, направленную от внешних областей атома к внутренним областям, к атомному ядру и, наконец, к элементарным частицам. Только эта вторая линия приведет нас, быть может, к пониманию единства материи. Здесь не нужно бояться того, что характеристические структуры будут сами разрушены в опытах. Если поставлена задача проверить в опытах принципиальное единство материи, то мы можем подвергнуть материю действию самых сильных из возможных сил, воздействии самых предельных условий, чтобы увидеть, может ли в конце концов материя быть превращена в какую-нибудь другую материю.

Первым шагом в этом направлении был экспериментальный анализ атомного ядра. В начальные периоды этих исследований, которые заполняют примерно первые три десятка лет нашего столетия, единственным инструментом для экспериментов над атомным ядром были α -частицы, испускаемые радиоактивными веществами. С помощью этих частиц Резерфорду удалось в 1919 году превратить друг в друга атомные ядра легких элементов. Он смог, например, ядро азота превратить в ядро кислорода, присоединяя к ядру азота α -частицу и в то же самое время выбивая из него протон. Это был первый пример процесса на расстояниях порядка радиусов атомных ядер, который напоминал химические процессы, но который вел к искусственному превращению элементов. Следующим решающим успехом было искусственное ускорение протонов в приборах высокого напряжения до энергий, достаточных для ядерных превращений. Для этой цели необходимы разности напряжений примерно в миллион вольт, и Кокрофту и Уолтону в их первом решающем эксперименте удалось превратить атомные ядра элемента лития в атомные ядра элемента гелия. Это открытие выявило для исследований совершенно новое поле, которое может быть названо ядерной физикой в собственном смысле слова и которое очень быстро привело к качественному пониманию строения атомного ядра.

На самом деле строение атомного ядра оказалось очень простым. Атомное ядро состоит всего из двух различных видов элементарных частиц. Одна из элементарных частиц — протон, являющаяся одновременно ядром атома водорода. Другая была названа нейтроном, частица, обладающая примерно той же массой, что и протон, и, кроме того, электрически нейтральная. Каждое атомное ядро можно, таким образом, охарактеризовать общим числом протонов и нейтронов, из которых оно состоит. Ядро обычного атома углерода состоит из 6 протонов и 6 нейтронов. Но есть также и другие ядра атомов углерода, которые являются несколько более редкими — они были названы изотопами первых — и которые состоят из 6 протонов и 7 нейтронов и т. д. Так в конце концов пришли к описанию материи, в котором вместо многих различных химических элементов использовались только три основные единицы, три фундаментальных строительных кирпича — протон, нейтрон и электрон. Вся материя состоит из

атомов и построена поэтому в конечном счете из этих трех основных строительных кирпичей. Это еще, конечно, не означает единства материи, но несомненно означает важный шаг в направлении этого единства и, что было, пожалуй, еще важнее, означает существенное упрощение. Правда, впереди был еще длинный путь от знания этих основных строительных кирпичей атомного ядра к полному пониманию его строения. Здесь проблема была несколько отличной от соответствующей проблемы относительно внешней оболочки атома, решенной в середине двадцатых годов. В случае электронной оболочки силы между частицами были известны с большой точностью, но, кроме того, должны были быть найдены динамические законы, и они в конце концов были сформулированы в квантовой механике. В случае атомного ядра можно было вполне предположить, что динамическими законами являются в основном законы квантовой теории, но здесь были прежде всего неизвестны силы между частицами. Их необходимо было вывести из экспериментальных свойств атомных ядер. Эта проблема не может быть решена полностью еще до сих пор. Силы, вероятно, не имеют такого простого вида, как в случае электростатических сил между электронами во внешних оболочках, и поэтому математически вывести свойства атомных ядер из более сложных сил труднее, и, кроме того, прогрессу препятствует неточность экспериментов. Но качественные представления о структуре ядра приобрели вполне определенный вид.

В конце концов, в качестве последней важнейшей проблемы остается проблема единства материи. Являются ли эти элементарные частицы — протон, нейтрон и электрон последними, неразложимыми строительными кирпичами материи, иными словами, «атомами» в смысле философии Демокрита, без каких-либо взаимных связей (отвлекаясь от действующих между ними сил), или же они являются только различными формами одного и того же вида материи? Далее, могут ли они превращаться друг в друга или даже в другие формы материи? Если решать эту проблему экспериментально, то для этого требуются силы и сконцентрированные на атомных частицах энергии, которые должны быть во много раз больше, чем те, которые были использованы для исследования атомного ядра. Так как запасы энергии в атомных ядрах недостаточно велики, чтобы обеспечить нам средства для проведения таких экспериментов, то физики должны или воспользоваться силами в космосе, то есть в пространстве между звездами, на поверхности звезд, или же они должны довериться умению инженеров.

На самом деле успехи были достигнуты на обоих путях. Прежде всего физики использовали так называемое космическое излучение. Электромагнитные поля на поверхности звезд, простирающиеся на гигантские пространства, при благоприятных условиях могут ускорить заряженные атомные частицы, электроны и атомные ядра, которые, как оказалось, вследствие своей большей инерции имеют больше возможностей более долгое время оставаться в ускоряющем поле, и когда они в конце концов уходят с поверхности звезды в пустое про-

странство, то иногда успевают пройти потенциальные поля во много миллиардов вольт. Дальнейшее ускорение при благоприятных условиях происходит еще в переменных магнитных полях между звездами. Во всяком случае, оказывается, что атомные ядра долгое время удерживаются переменными магнитными полями в пространстве Галактики, и в конце концов они, таким образом, заполняют пространство Галактики тем, что называют космическим излучением. Это излучение достигает Земли извне и, следовательно, состоит из всех возможных атомных ядер — водорода, гелия и более тяжелых элементов, — энергии которых изменяются примерно от сотен или тысяч миллионов электрон-вольт до величин, в миллион раз больших. Когда частицы этого высотного излучения вторгаются в верхние слои атмосферы Земли, они сталкиваются здесь с атомами азота или кислорода атмосферы или атомами какого-либо экспериментального устройства, которое подвергают воздействию космического излучения. Результаты воздействия могут быть затем исследованы.

Другая возможность состоит в конструировании очень больших ускорителей элементарных частиц. В качестве прототипа для них может считаться так называемый циклотрон, который был сконструирован в Калифорнии в начале тридцатых годов Лоуренсом. Основная идея конструкции этих установок состоит в том, что благодаря сильному магнитному полю заряженные атомные частицы принуждают многократно вращаться по кругу, так что они на этом круговом пути могут снова и снова ускориться электрическим полем. Установки, в которых могут быть достигнуты энергии во много сотен миллионов электрон-вольт, в настоящее время действуют во многих местах земного шара, главным образом в Великобритании. Благодаря сотрудничеству 12 европейских стран в Женеве строится очень большой ускоритель такого рода, который, как надеются, будет давать протоны энергией до 25 миллионов электрон-вольт. Эксперименты, проведенные с помощью космического излучения или очень больших ускорителей, выявили новые интересные черты материи. Кроме трех основных строительных кирпичей материи — электрона, протона и нейтрона, — были открыты новые элементарные частицы, которые порождаются в этих происходящих при высоких энергиях столкновениях и которые по истечении исключительно малых промежутков времени исчезают, превращаясь в другие элементарные частицы. Новые элементарные частицы имеют свойства, подобные свойствам старых, за исключением своей нестабильности. Даже самые стабильные среди новых элементарных частиц имеют продолжительность жизни только около миллионной доли секунды, а время жизни других — еще в сотни или тысячи раз меньше. В настоящее время известно приблизительно 25 различных видов элементарных частиц. Самая «молодая» из них — отрицательно заряженный протон, который называют антипротоном.

Эти результаты кажутся на первый взгляд опять уводящими в сторону от идей о единстве материи, так как число фундаментальных строительных кирпичей материи, по-видимому, снова увеличи-

лось до количества, сравнимого с количеством различных химических элементов. Но это было бы неточным толкованием действительного положения вещей. Ведь эксперименты одновременно показали, что частицы возникают из других частиц и могут быть превращены в другие частицы, что они образуются просто из кинетической энергии таких частиц и могут снова исчезнуть, так что из них возникнут другие частицы. Стало быть, другими словами: эксперименты показали полную превращаемость материи. Все элементарные частицы в столкновениях достаточно большой энергии могут превратиться в другие частицы или могут быть просто созданы из кинетической энергии; и они могут превратиться в энергию, например в излучение. Следовательно, мы имеем здесь фактически окончательное доказательство единства материи. Все элементарные частицы «сделаны» из одной и той же субстанции, из одного и того же материала, который мы теперь можем назвать энергией или универсальной материей; они — только различные формы, в которых может проявляться материя.

Если сравнить эту ситуацию с понятием материи и формы у Аристотеля, то можно сказать, что материю Аристотеля, которая в основном была «потенцией», то есть возможностью, следует сравнивать с нашим понятием энергии; когда элементарная частица рождается, энергия выявляет себя благодаря форме как материальная реальность.

Современная физика не может, естественно, удовлетвориться только качественным описанием фундаментальной структуры материи; она должна попытаться на основе тщательно проведенных экспериментов углубить анализ до математической формулировки законов природы, определяющих формы материи, а именно элементарные частицы и их силы. Четкое разграничение между материей и силой или силой и веществом в этой части физики больше проведено быть не может, так как любая элементарная частица не только сама порождает силы и сама испытывает воздействие сил, но и в то же самое время сама представляет в данном случае определенное силовое поле. Квантово-механический дуализм волн и частиц является причиной того, что одна и та же реальность проявляет себя и как материя, и как сила.

Все попытки найти математическое описание для законов природы в мире элементарных частиц до сих пор начинались с квантовой теории волновых полей. Теоретические исследования в этой области были предприняты в начале тридцатых годов. Но уже первые работы в этой области выявили очень серьезные трудности в области, где квантовую теорию пытались объединить со специальной теорией относительности. С первого взгляда кажется, будто две теории, квантовая и теория относительности, относятся к столь различным сторонам природы, что практически они никак не могут влиять друг на друга и что поэтому требования обеих теорий должны быть легко выполнимы в одном и том же формализме. Но более точное исследование показало, что обе эти теории вступают в определенном пункте в конфликт, в результате чего и проистекают все дальнейшие трудности.

Специальная теория относительности раскрыла структуру пространства и времени, которая оказалась несколько отличной от структуры, приписывавшейся им со времени создания ньютоновской механики. Наиболее характерная черта этой вновь открытой структуры — существование максимальной скорости, которая не может быть превзойдена любым движущимся телом или распространяющимся сигналом, то есть скорости света. Как следствие этого два события, имеющие место в двух весьма удаленных друг от друга точках, не могут иметь никакой непосредственной причинной связи, если они происходят в такие моменты времени, когда световой сигнал, выходящий в момент первого события из этой точки, достигает другой только после момента свершения другого события и наоборот. В этом случае оба события можно назвать одновременными. Поскольку никакое воздействие любого рода не может передаваться от одного процесса в один момент времени другому процессу в другой момент времени, оба процесса не могут быть связаны никаким физическим воздействием.

По этой причине действие на большие расстояния так, как оно выступает в случае сил тяготения в ньютоновской механике, оказалось несовместимым со специальной теорией относительности. Новая теория должна была заменить такое действие «близкодействием», то есть передачей силы из одной точки только непосредственно соседней точке. Естественным математическим выражением взаимодействий этого рода оказались дифференциальные уравнения для волн или полей, инвариантные относительно преобразования Лоренца. Такие дифференциальные уравнения исключают какое-либо прямое воздействие одновременных событий друг на друга.

Поэтому структура пространства и времени, выражаемая специальной теорией относительности, предельно резко отграничивает область одновременности, в которой не может быть передано никакое воздействие, от других областей, в которых непосредственное воздействие одного процесса на другой может иметь место.

С другой стороны, соотношение неопределенностей квантовой теории устанавливает жесткую границу точности, с которой могут быть одновременно измерены координаты и импульсы или моменты времени и энергии. Так как предельно резкая граница означает бесконечную точность фиксации положения в пространстве и во времени, то соответствующие импульсы и энергии должны быть полностью неопределенными, то есть с подавляющей вероятностью должны выступить на первый план процессы даже со сколь угодно большими импульсами и энергиями. Поэтому всякая теория, которая одновременно выполняет требования специальной теории относительности и квантовой теории, ведет, оказывается, к математическим противоречиям, а именно к расходимостям в области очень больших энергий и импульсов. Эти выводы не обязательно могут носить необходимый характер, так как всякий формализм рассмотренного здесь рода является ведь очень сложным, и возможно еще, что будут найдены математические средства, которые помогут устранить в этом пункте противоречие между теорией относительности и квантовой теорией. Но

до сих пор все-таки все математические схемы, которые были исследованы, приводили в самом деле к таким расхождением, то есть к математическим противоречиям, или же они оказывались недостаточными, чтобы удовлетворить всем требованиям обеих теорий. Кроме того, было очевидно, что трудности в самом деле проистекают из только что рассмотренного пункта.

Тот пункт, в котором сходящиеся математические схемы не удовлетворяют требованиям теории относительности или квантовой теории, оказался очень интересным уже сам по себе. Одна из таких схем вела, например, когда ее пытались интерпретировать с помощью реальных процессов в пространстве и времени, к некоторого рода обращению времени; она описывала процессы, в которых в определенной точке внезапно происходило рождение нескольких элементарных частиц, а энергия для этого процесса поступала только позднее благодаря каким-то другим процессам столкновения между элементарными частицами. Физики же на основании своих экспериментов убеждены, что процессы такого рода в природе не имеют места, по крайней мере тогда, когда оба процесса отделены друг от друга некоторым измеримым расстоянием в пространстве и во времени.

В другой теоретической схеме попытка устранить расхождении формализма делалась на основе математического процесса, который был назван «перенормировкой». Этот процесс заключается в том, что бесконечности формализма можно было передвинуть в такое место, где они не могут помешать получению строго определяемых соотношений между наблюдаемыми величинами. Действительно, эта схема уже привела до определенной степени к решающим успехам в квантовой электродинамике, так как она дает способ расчета некоторых очень интересных особенностей в спектре водорода, которые до этого были необъяснимы. Более точный анализ этой математической схемы сделал, однако, правдоподобным вывод о том, что те величины, которые в обычной квантовой теории должны быть истолкованы как вероятности, могут в данном случае при некоторых обстоятельствах, после того как процесс перенормировки проведен, стать отрицательными. Это исключало бы, разумеется, непротиворечивое истолкование формализма для описания материи, так как отрицательная вероятность — бессмысленное понятие.

Тем самым мы уже пришли к проблемам, которые ныне стоят в центре дискуссий в современной физике. Решение будет получено когда-нибудь благодаря постоянно обогащающемуся экспериментальному материалу, который добывается во все более и более точных измерениях элементарных частиц, их порождения и уничтожения, сил, действующих между ними. Если искать возможные решения этих трудностей, то, может быть, следует вспомнить о том, что такие процессы с видимым обращением времени, обсужденные выше, нельзя исключить на основании экспериментальных данных в том случае, если они имеют место только внутри совсем малых пространственно-временных областей, внутри которых с нашим теперешним экспериментальным оборудованием детально проследить процессы еще не

возможно. Разумеется, при теперешнем состоянии нашего знания мы едва ли готовы признать возможность таких процессов с обращением времени, если из этого и следует возможность на какой-то более поздней стадии развития физики наблюдать подобного рода процессы таким же образом, каким наблюдают обычные атомные процессы. Но здесь сравнение анализа квантовой теории и анализа теории относительности позволяет представить проблему в новом свете.

Теория относительности связана с универсальной постоянной природы — со скоростью света. Эта постоянная имеет решающее значение для установления связи между пространством и временем и поэтому должна сама по себе содержаться во всяком законе природы, удовлетворяющем требованиям инвариантности относительно преобразований Лоренца. Наш обычный язык и понятия классической физики могут быть применены только к явлениям, для которых скорость света может рассматриваться практически бесконечно большой. Если мы в наших экспериментах в какой-либо форме приближаемся к скорости света, то мы должны быть подготовлены к появлению результатов, которые более не могут быть объяснены с помощью этих обыкновенных понятий.

Квантовая теория связана с другой универсальной постоянной природы — с планковским квантом действия. Объективное описание процессов в пространстве и во времени оказывается возможным только тогда, когда мы имеем дело с предметами и процессами сравнительно больших масштабов, а именно тогда постоянную Планка можно рассматривать как практически бесконечно малую. Когда мы в наших экспериментах приближаемся к области, в которой планковский квант действия становится существенным, мы приходим ко всем тем трудностям с применением обычных понятий, которые были обсуждены в предыдущих главах этой книги.

Но должна быть еще третья универсальная постоянная природы. Это следует просто, как говорят физики, из соображений размерности. Универсальные постоянные определяют величины масштабов в природе, они дают нам характеристические величины, к которым можно свести все другие величины в природе. Для полного набора таких единиц необходимы, однако, три основные единицы. Проще всего заключить об этом можно из обычных соглашений о единицах, как, например, из использования физиками системы CGS (сантиметр—грамм—секунда). Единицы длины, единицы времени и единицы массы вместе достаточно, чтобы образовать полную систему. Необходимы по меньшей мере три основные единицы. Их можно было бы заменить также единицами длины, скорости и массы или единицами длины, скорости и энергии и т. д. Но три основные единицы необходимы во всяком случае. Скорость света и планковский квант действия дают нам, однако, только две из этих величин. Должна быть еще третья, и только теория, содержащая такую третью единицу, возможно, способна вести к определению масс и других свойств элементарных частиц. Если исходить из наших современных познаний об

элементарных частицах, то, пожалуй, самым простым и самым приемлемым путем введения третьей универсальной постоянной является предположение о том, что существует универсальная длина порядка величины 10^{-13} см, длина, стало быть, сравнимая примерно с радиусами легких атомных ядер. Если из этих трех единиц образовать выражение, имеющее размерность массы, то эта масса имеет порядок величины массы обычных элементарных частиц.

Если предположить, что законы природы действительно содержат такую третью универсальную постоянную размерности длины порядка величины 10^{-13} см, то тогда вполне возможно, что наши обычные представления могут быть применимы только к таким областям пространства и времени, которые велики по сравнению с этой универсальной постоянной длины. По мере приближения в своих экспериментах к областям пространства и времени, малым по сравнению с радиусами атомных ядер, мы должны быть готовы к тому, что будут наблюдаться процессы качественно нового характера. Явление обращения времени, о котором говорилось выше и пока что только как о возможности, выводимой из теоретических соображений, могло бы поэтому принадлежать этим мельчайшим пространственно-временным областям. Если это так, то, вероятно, его было бы нельзя наблюдать таким образом, что соответствующий процесс мог бы быть описан в классических понятиях. И все же в той мере, в какой такие процессы могут быть описаны классическими понятиями, они должны обнаруживать также и классический порядок следования во времени. Но пока о процессах в самых малых пространственно-временных областях — или (что согласно соотношению неопределенностей приблизительно соответствует этому высказыванию) при самых больших передаваемых энергиях и импульсах — известно слишком мало.

В попытках достичь на основе экспериментов над элементарными частицами большего знания о законах природы, определяющих строение материи и тем самым структуру элементарных частиц, особенно важную роль играют определенные свойства симметрии. Мы напомним о том, что в философии Платона самые маленькие частицы материи были абсолютно симметричными образованиями, а именно правильными телами — кубом, октаэдром, икосаэдром, тетраэдром. В современной физике, правда, эти специальные группы симметрии, получающиеся из группы вращений в трехмерном пространстве, не стоят больше в центре внимания. То, что имеет место в естествознании нового времени, ни в коем случае не является пространственной формой, а представляет собой закон, стало быть, в определенной степени пространственно-временную форму, и поэтому применяемые в нашей физике симметрии должны всегда относиться к пространству и времени совместно. Но определенные типы симметрии, кажется, в действительности играют в теории элементарных частиц наиболее важную роль.

Мы познаем их эмпирически благодаря так называемым законам сохранения и благодаря системе квантовых чисел, с помощью которых можно упорядочить соответственно опыту события в мире эле-

ментарных частиц. Математически мы можем их выразить с помощью требования, чтобы основной закон природы для материи был инвариантным относительно определенных групп преобразований. Эти группы преобразований являются наиболее простым математическим выражением свойств симметрии. Они выступают в современной физике вместо тел Платона. Наиболее важные здесь кратко перечислены.

Группа так называемых преобразований Лоренца характеризует вскрытую специальной теорией относительности структуру пространства и времени.

Группа, исследованная Паули и Гюрши, соответствует по своей структуре группе трехмерных пространственных вращений — она ей изоморфна, как говорят математики, — и проявляет себя в появлении квантового числа, которое эмпирически было открыто у элементарных частиц уже двадцать пять лет назад и получило название «изоспин».

Две следующие группы, ведущие себя формально как группы вращений вокруг жесткой оси, приводят к законам сохранения для заряда, для числа бариеонов и для числа лептонов.

Наконец, законы природы должны быть инвариантны еще относительно определенных операций отражения, которые здесь нет нужды перечислять подробно. По этому вопросу особенно важными и плодотворными оказались исследования Ли и Янга, согласно идее которых величина, называемая четностью и для которой ранее предполагался справедливый закон сохранения, в действительности не сохраняется.

Все известные до сих пор свойства симметрии удастся выразить с помощью простого уравнения. Причем под этим понимается, что это уравнение инвариантно относительно всех названных групп преобразований, и поэтому можно думать, что это уравнение уже правильно отображает законы природы для материи. Но решения этого вопроса еще нет, оно будет получено только со временем с помощью более точного математического анализа этого уравнения и с помощью сравнения с экспериментальным материалом, собираемым во все больших размерах.

Но и отвлекаясь от этой возможности, можно надеяться, что благодаря согласованию экспериментов в области элементарных частиц наивысших энергий с математическим анализом их результатов когда-нибудь удастся прийти к полному пониманию единства материи. Выражение «полное понимание» означало бы, что формы материи — приблизительно в том смысле, в каком употреблял этот термин в своей философии Аристотель, — оказались бы выводами, то есть решениями замкнутой математической схемы, отображающей законы природы для материи.

Х. ЯЗЫК И РЕАЛЬНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ

В истории науки поразительные открытия и новые идеи всегда приводили к научным дискуссиям; эти дискуссии вызывают появление полемических публикаций, и такая критика часто совершенно необходима для развития последних. Но эти споры почти никогда ранее не достигали той степени резкости, которую они приобрели после создания теории относительности, а также — в меньшей степени — квантовой теории. В обоих случаях научные проблемы в конечном счете были связаны даже со спорными вопросами политики, и некоторые физики пытались содействовать победе своих взглядов, прибегая к помощи политических методов. Эту бурную реакцию на новейшее развитие современной физики можно понять, только признав, что это развитие привело в движение сами основы физики и, возможно, естествознания вообще и что это движение вызвало ощущение, будто вся почва, на которую опирается естествознание, уходит из-под наших ног. Но вместе с тем это означает, пожалуй, и то, что еще не найден правильный язык, на котором можно говорить о новом положении дел, и что неточные и отчасти неправильные утверждения, высказанные в ряде случаев в пылу воодушевления новыми открытиями, вызвали появление всякого рода недоразумений. Здесь речь идет в самом деле о трудноразрешимой, принципиальной проблеме. Усовершенствованная экспериментальная техника нашего времени ввела в поле зрения естествознания совершенно новые стороны явлений природы, стороны, которые не могут быть описаны с помощью понятий повседневной жизни или только с помощью понятий предшествующей физики. Но в таком случае, каким языком они должны описываться?

Первичным языком, который вырабатывают в процессе научного уяснения фактов, является в теоретической физике обычно язык математики, а именно — математическая схема, позволяющая физикам предсказывать результаты будущих экспериментов. Физик может довольствоваться тем, что он обладает математической схемой и знает, как можно ее применять для истолкования своих опытов. Но ведь он должен говорить о своих результатах также и не физикам, которые не будут удовлетворены до тех пор, пока им не будет дано объяснение и на обычном языке, на языке, который может быть понят каждым. Но и для физика возможность описания на обычном

языке является критерием того, какая степень понимания достигнута в соответствующей области. В каком объеме возможно вообще такое описание? Можно ли, например, говорить о самом атоме? Это настолько же языковая, насколько и физическая проблема, и поэтому прежде всего необходимо сделать несколько замечаний о языке вообще и о научном языке в особенности.

Язык был создан человеческой расой в доисторическое время как средство для передачи сообщений и как основа для мышления. Мы мало знаем о различных ступенях его формирования. Но, во всяком случае, ныне язык содержит большое количество понятий, которые могут рассматриваться как целесообразный инструмент для более или менее однозначной передачи сообщений о событиях повседневной жизни. Эти понятия были выработаны постепенно, в процессе использования языка, без критического анализа. При этом предполагается, что если некоторое слово употребляется достаточно часто, следовательно, мы более или менее точно знаем, что оно означает. Хорошо известен факт, что слова определены не столь четко, как это может показаться на первый взгляд, и что они обладают только некоторой ограниченной областью применения: например, можно говорить о куске дерева или о куске железа, но нельзя говорить о куске воды. Слово «кусок» не допускает его применения к жидким телам. Приведем другой пример. Бор при объяснении ограниченной применимости понятий обычно с большой охотой рассказывает следующую историю. Маленький мальчик приходит в магазин с пфенингом в руке и спрашивает: «Могу я у вас купить за один пфенинг конфетную смесь?» Продавец берет две конфеты из своих ящичков, дает их мальчику и говорит: «Смесь ты можешь сделать из них сам». Несколько более серьезный пример проблематичного соотношения слов и понятий представляет собой факт применения слов «красный» и «зеленый» дальтониками, хотя здесь, очевидно, границы применения этих слов дальтониками должны проходить совсем иначе, чем у других людей.

Эта принципиальная непосредственность смысла слов была осознана, разумеется, очень давно и вызвала желание давать определения, т. е., как гласит определение слова «определение», устанавливать границы, указывающие, где это слово может применяться, а где нет. Но определения могут быть даны, естественно, только с помощью других понятий, и в конце концов мы должны будем все-таки полагаться на некоторые понятия, которые принимаются так, как они есть, без анализа и определений.

В греческой философии проблема выражения понятий в языке была важнейшим предметом исследований со времен Сократа, жизнь которого представляла собой, если следовать ее художественному изображению в диалогах Платона, постоянное обсуждение содержания языковых понятий и границ наших средств выражения. Чтобы создать прочное основание для научного мышления, Аристотель в своих логических работах предпринял попытку проанализировать языковые формы и исследовать формальную структуру про-

цесса вывода и заключений независимо от их содержания. На этом пути он достиг такой степени абстракции и точности, которая до того была не известна греческой философии, и тем самым в наивысшей степени содействовал выяснению и установлению определенного порядка в нашем способе мышления. Он фактически создал основы научного языка.

С другой стороны, логический анализ приносит с собой и опасность слишком большого упрощения. В логике внимание направлено на специальные языковые структуры, на однозначное связывание посылок и заключений, на простые схемы рассуждений. Всеми другими языковыми структурами в логике пренебрегают. Эти структуры могут получаться, например, благодаря ассоциациям между определенными промежуточными значениями слов; так, например, второстепенное значение слова, почти не оставляющее следа в нашем сознании, может все же существенно повлиять на содержание предложения, когда это слово произнесено. Тот факт, что любое слово может вызвать в нашем мышлении многие, только наполовину осознаваемые движения, может быть использован для того, чтобы выразить с помощью языка определенные стороны действительности более отчетливо, чем это было бы возможно с помощью логической схемы. Поэтому поэты часто выступали против такого преувеличенного подчеркивания логических схем в языке и мышлении, могущего привести к тому, что язык станет не пригоден для той цели, для которой он был первоначально создан. Здесь можно, например, напомнить известные слова, с которыми Мефистофель в «Фаусте» Гете обращается к ученику:

Цените время: дни уходят невозвратно!
Но наш порядок даст привычку вам
Распределять занятия аккуратно.
А потому, мой друг, на первый раз,
По мне, полезно было бы для вас
Курс логики пройти: в ее границах
Начнут сейчас дрессировать ваш ум,
Держа его в ежовых рукавицах,
Чтоб тихо он без лишних дум
И без пустого нетерпенья
Всползал по лестнице мышленья,
Чтоб вкривь и вкось, по всем путям,
Он не метался там и сям.
Затем внушат вам, ради той же цели,
Что в нашей жизни всюду, даже в том,
Что прежде сразу делать вы умели,—
Как, например, питье, еда,—
Нужна команда «раз, два, три» всегда.
Так фабрикуют мысли. С этим можно
Сравнить хоть ткацкий, например, станок.
В нем управленье нитью сложно:
То вниз, то вверх снует челнок,
Незримо нити в ткань сольются;
Один толчок — сто петель вьются.

Подобно этому, дружок,
И вас философ поучает!
«Вот это — так и это — так,
А потому и это — так,
И если первая причина исчезает,
То и второму не бывать никак».
Ученики пред ним благоговеют,
Но ткань соткать из нитей не сумеют.
Иль вот: живой предмет желая изучить,
Чтоб ясное о нем познание получить,—
Ученый прежде душу изгоняет.
Затем предмет на части расчленяет
И видит их, да жаль: духовная их связь
Тем временем исчезла, унеслась! ¹⁴

Это место содержит достойное восхищения описание структуры языка и обоснованную критику узости обычных логических схем.

С другой стороны, наука ведь должна основываться на языке как на единственном средстве передачи сообщений, и поэтому там, где проблема однозначности имеет большую важность, логические схемы должны играть свою роль. Специфическая трудность в этом пункте может быть, пожалуй, описана следующим образом. В естествознании мы пытаемся единичное вывести из общего: единичное явление должно быть понято как следствие простых общих законов. Эти общие законы, когда они формулируются в языке, могут содержать только некоторые немногие понятия, ибо, в противном случае, законы были бы не простыми и не всеобщими. Из этих понятий должно быть выведено далее бесконечное многообразие возможных явлений, и при этом не только качественно и приближенно, но и с огромной степенью точности в отношении всякой детали. Становится очевидным, что понятия обыденного языка, определенные, как правило, столь неточно и нечетко, никогда не позволили бы сделать такой вывод. Если из заданных посылок следует цепь заключений, то общее число возможных членов в цепи зависит от точности посылок. Поэтому в естествознании основные понятия общих законов должны быть определены с предельной степенью точности, а это возможно только с помощью математической абстракции.

Подобное же положение может иметь место и в других науках — в них также могут стать необходимыми точные определения, например в юриспруденции. Но здесь общее число членов в цепи заключений никогда не бывает очень большим; поэтому здесь нет необходимости в совершенной точности, и в большинстве случаев мало-мальски точные определения оказываются исчерпывающе сформулированными с помощью понятий обыденного языка.

В теоретической физике мы пытаемся понять группы явлений, вводя математические символы, которые могут быть поставлены в соответствие некоторым фактам, а именно результатам измерений. Для символов мы находим имена, которые делают ясной их связь с измерением. Этим способом символы связываются, следовательно, с обыденным языком. Но затем символы связываются между собой

с помощью строгой системы определений и аксиом, и в конце концов законы природы приобретают вид уравнений между символами. Бесконечное многообразие решений этих уравнений соответствует тогда бесконечному многообразию единичных явлений, возможных в данной области природы. Таким образом, математическая схема отображает рассматриваемую группу явлений в той мере, в которой соблюдаются соотношения между символами и измерениями. Эти соотношения позволяют также затем выразить сами законы природы в понятиях обыденного языка, так как наши эксперименты, состоящие из действий и измерений, всегда могут быть описаны этим языком.

Конечно, в процессе расширения наших научных знаний увеличивается и сфера применимости языка. Вводятся новые понятия, а старые начинают употребляться в новых областях в ином смысле, чем при их употреблении в обычном языке. Такие слова, как энергия, электричество, энтропия, представляют собой хорошо известные примеры. Так мы развиваем научный язык, который можно рассматривать как естественное расширение обычного языка, пригодное для заново создающихся научных областей.

В прошлом столетии в физику был введен ряд новых понятий, и в некоторых случаях понадобилось значительное время, прежде чем физики привыкли к употреблению этих новых понятий. Понятие «электромагнитного поля», например, в известном смысле содержалось уже в работах Фарадея, и то, что позднее стало фундаментом теории Максвелла, не легко и не сразу было принято физиками, которые ранее свое внимание направляли прежде всего на изучение механического движения материи. Введение этого понятия было связано с изменением основных научных представлений, а такие изменения никогда не могут протекать легко.

Несмотря на это, все понятия, введенные в физику до конца прошлого столетия, образовали замкнутую систему, которая может быть применена к широкому кругу явлений; эта система вместе с более ранними понятиями образовала язык, который может с успехом применяться в исследованиях не только ученых, но и техников, и инженеров. К основным представлениям этого языка принадлежат предположения о том, что последовательность событий во времени полностью независима от их расположения в пространстве, что в реальном пространстве справедлива евклидова геометрия и что процессы в пространстве и во времени происходят независимо от того, наблюдаются они или нет. Конечно, никто не оспаривал, что всякое наблюдение оказывает определенное воздействие на явление, которое должно наблюдаться, но в общем предполагалось, что благодаря достаточно осторожному проведению экспериментов это влияние можно сделать в конце концов сколь угодно малым. Это казалось действительно необходимым условием осуществления идеала объективности, считавшегося основой всего естествознания.

В это до некоторой степени спокойное состояние физики квантовая теория и специальная теория относительности внесли внезапное, сначала медленное, а затем постепенно убыстряющееся изменение

основ естествознания. Первые бурные дискуссии вспыхнули о проблемах пространства и времени, поставленных теорией относительности. Как следует говорить о новом положении дел? Следует ли рассматривать лоренцово сокращение движущихся тел как действительное или только как кажущееся? Следует ли говорить, что структура пространства и времени действительно отлична от той, которую предполагали ранее, или же следует только сказать, что экспериментальные результаты при их теоретическом истолковании математически надо связывать таким образом, чтобы это соответствовало этой новой структуре, в то время как пространство и время как всеобщие формы созерцания, в которых мы воспринимаем мир, остаются тем, чем они всегда были? Действительной проблемой, стоявшей за многими этими спорными вопросами, являлся тот факт, что не существовало никакого языка, на котором можно было бы непротиворечиво говорить о новой ситуации. Обычный язык основывался на старых понятиях о пространстве и времени, и только этот язык представлял собой средство однозначной передачи сообщений о расположении приборов и результатах измерений. Но одновременно эксперименты показывали, что старые понятия могут быть применены не повсюду.

Естественным исходным пунктом при истолковании теории относительности явилось поэтому то обстоятельство, что в предельном случае очень малых скоростей (скоростей, малых в сравнении со скоростью света) новая теория оказалась практически тождественной с предшествующей. Поэтому эта теория сама показывала, как следовало интерпретировать математические символы, как их поставить в связь с экспериментом и с понятиями обычного языка. Фактически только благодаря этой связи преобразования Лоренца в данном случае были найдены уже довольно рано. В этой области, стало быть, не было никакой неясности относительно значения слов и символов. Фактически этих связей было уже достаточно, чтобы применять теорию ко всей области эксперимента, имеющей отношение к проблеме относительности. Поэтому спорные вопросы о «реальном» или «кажущемся» лоренцовом сокращении или о смысле слова «одновременное» и т. д., собственно говоря, никакого отношения не имеют к фактам, а касаются только языка.

С другой стороны, относительно языка с течением времени было признано, что, возможно, не следует слишком строго настаивать на определенных принципах. Всегда было трудно найти убедительные для всех критерии того, какие понятия могут применяться в языке и как их следует применять. Возможно, правильнее и проще подождать дальнейшего развития языка, который через некоторое время благодаря этому развитию будет соответствовать новому положению дел. В специальной теории относительности такое соответствие фактически уже в значительной степени выработалось в последние пятьдесят лет. Например, различие между «реальным» и «кажущимся» лоренцовым сокращением просто исчезло. Слово «одновременный» в общем употребляется так, как это соответствует опре-

делению, данному в свое время Эйнштейном, в то время как для несколько более сложного понятия, обсуждаемого в одной из предыдущих глав этой книги, вошло в употребление выражение «пространственно подобный интервал» и т. д.

В случае общей теории относительности мысль о неевклидовом характере геометрии реального пространства была самым резким образом оспорена некоторыми философами, которые в данном случае утверждали, что уже сама схема выполнения наших экспериментов предполагает справедливость евклидовой геометрии.

Когда, например, механик пытается изготовить совершенно плоские поверхности, он может это сделать следующим образом. Он изготавливает сначала три поверхности примерно одинаковой величины, являющиеся более или менее плоскими. Затем он прикладывает каждую пару из этих плоскостей друг к другу в различных относительных положениях. Степень, в которой возможно теперь взаимное прилегание при всевозможных положениях поверхностей, можно считать мерой точности, с которой поверхности следует рассматривать как плоские. Механик будет доволен тремя плоскостями только тогда, когда прилегание каждой пары из них друг к другу имеет место одновременно во всех точках. Когда это достигнуто, можно доказать математически, что на всех трех поверхностях должна быть справедлива евклидова геометрия. Таким образом (так аргументировал, например, Г. Динглер), уже наши собственные действия направлены на то, чтобы выполнялась евклидова геометрия.

С точки зрения общей теории относительности здесь можно, естественно, ответить, что изложенная аргументация доказывает только справедливость евклидовой геометрии на малых расстояниях, а именно на расстояниях порядка размеров наших экспериментальных установок. Точность, с которой здесь справедлива евклидова геометрия, фактически столь велика, что описанный выше процесс изготовления плоских поверхностей может быть осуществлен всегда. Исключительно малые отклонения от евклидовой геометрии, еще имеющие место в этой области, не будут замечены, так как поверхности изготавливаются из вещества, которое не является абсолютно твердым, а способно претерпевать небольшие деформации, а также потому, что понятие «прилегание» не может быть определено с совершенной точностью. Для поверхностей космического порядка описанный процесс не может быть применен. Но это уже проблема не экспериментальной физики.

Снова естественным исходным пунктом физического истолкования математических схем общей теории относительности является тот факт, что геометрия на малых расстояниях оказывается приблизительно евклидовой. В этой области общая теория относительности сближается с классической теорией. Поэтому здесь существует однозначная связь между математическими символами, измерениями и понятиями обычного языка. Напротив, в достаточно больших областях физически справедливой может оказаться неевклидова геометрия. Фактически уже задолго до того, как была создана общая

теория относительности, возможность неевклидовой геометрии реального пространства обсуждалась математиками, особенно Гауссом в Геттингене. Когда Гаусс производил очень точные измерительно-геодезические работы, которые велись на базе треугольника, образованного тремя горами: Брокеном в Гарце, Инзельбергом в Тюрингии и Хохон-Хагеном близ Геттингена, он должен был также очень тщательно проверить дополнительно, составляет ли сумма трех углов треугольника действительно 180° ; он считал вполне допустимым обнаружение отклонения, которое в таком случае доказало бы отступление от евклидовой геометрии. Но на самом деле он не смог обнаружить в пределах точности своих измерений никаких отклонений.

В случае общей теории относительности язык, на котором мы формулируем общие законы, вполне соответствует научному языку математика, а для описания самих экспериментов применяют, как всегда, обычные понятия, так как на малых расстояниях евклидова геометрия справедлива с достаточной точностью.

Но самая трудная проблема в отношении применения языка возникает в квантовой теории. Здесь нет никаких простых направляющих принципов, которые бы нам позволили связать математические символы с понятиями обычного языка. Единственное, что прежде всего знают, это тот факт, что наши обычные понятия не могут быть применены к строению атома. Снова можно было бы считать естественным исходным пунктом физического истолкования формализма тот факт, что математическая схема квантовой механики для расстояний, больших по сравнению с протяженностью атома, приближается к математической схеме классической механики. Но даже это утверждение может быть высказано с некоторыми оговорками. И для больших расстояний существует много решений квантовомеханических уравнений, для которых найти аналогичные решения в пределах классической физики невозможно. В таких квантовомеханических решениях проявляет себя обсужденная выше интерференция вероятностей, вовсе не существующая в классической физике. Поэтому даже в предельном случае очень больших размеров связь математических символов, с одной стороны, с измерениями и обычными понятиями — с другой, нисколько не тривиальна. Чтобы достигнуть однозначности такой связи, необходимо привлечь к рассмотрению еще вторую сторону проблемы. Необходимо обратить внимание на то, что система, которую следует рассматривать согласно методам квантовой механики, на самом деле является частью значительно большей системы, в конечном счете — всего мира. Она находится во взаимодействии с этой большой системой, и мы должны добавить еще, что микроскопические свойства большей системы, по крайней мере в значительной степени, неизвестны. Эта формулировка, несомненно, правильно описывает положение дел, ибо система вовсе не могла бы быть предметом измерений и теоретических исследований, если бы она вообще не принадлежала к миру явлений, если бы ее не связывало никакое взаимодействие с большей системой, частью которой

является наблюдатель. Взаимодействие с этой большей системой, с ее в значительной степени неизвестными, микроскопическими особенностями вводит тогда в описание — а именно и в квантовомеханическое, и в классическое описание — новый статистический элемент, который должен быть принят во внимание при рассмотрении системы. В предельном случае больших размеров этот статистический элемент в такой степени уничтожает результаты интерференции вероятностей, что теперь квантовомеханическая схема действительно сближается со схемой классической физики. В этом пункте можно поэтому установить однозначную связь между математическими символами квантовой теории и понятиями обычного языка, и этого соответствия оказывается фактически достаточно также для истолкования экспериментов. То, что остается, — это проблемы, снова затрагивающие скорее область языка, чем область фактов, так как понятие «факт» предполагает, что феномен может быть описан на обычном языке.

Однако проблемы языка здесь приобретают значительно более серьезный характер. Мы хотим каким-то образом говорить о строении атома, а не только о наблюдаемых явлениях, к которым, например, относятся черные точки на фотографической пластинке или водяные капли в камере Вильсона. Но на обычном языке мы не можем этого сделать.

Анализ может быть продолжен теперь в двух совершенно противоположных направлениях. Можно спросить, какой способ выражения относительно атомов фактически укоренился среди физиков за 30 лет со времени формулирования квантовой механики, или можно описать попытки формулировать точный научный язык, соответствующий математической схеме квантовой теории.

В качестве ответа на первый вопрос можно подчеркнуть, что понятие дополненности, введенное Бором при истолковании квантовой теории, сделало для физиков более желательным использовать двузначный язык вместо однозначного и, следовательно, применять классические понятия несколько неточным образом, соответствующим соотношению неопределенностей, попеременно употребляя различные классические понятия. Если бы эти понятия использовались одновременно, то это привело бы к противоречиям. Поэтому, говоря о траекториях электронов, о волнах материи и плотности заряда, об энергии и импульсе и т. д., всегда следует сознавать тот факт, что эти понятия обладают только очень ограниченной областью применимости. Как только это неопределенное и бессистемное применение языка приводит к трудностям, физик должен вернуться к математической схеме и использовать ее однозначную связь с экспериментальными фактами.

Это применение языка во многих отношениях довольно удовлетворительно, напоминая подобное же употребление языка в повседневной жизни или в поэтическом творчестве. Мы констатируем, что ситуация дополненности никоим образом не ограничена миром атома. Может быть, мы сталкиваемся с ней, когда размышляем

о решении и о мотивах нашего решения или когда выбираем, наслаждаться ли музыкой или анализировать ее структуру. С другой стороны, если классические понятия применяются подобным образом, то они всегда сохраняют некоторую неопределенность; они приобретают в отношении реальности тот же самый статистический смысл, какой примерно получают понятия классического учения о теплоте при их статистической интерпретации. Поэтому здесь, возможно, полезно краткое обсуждение статистических понятий термодинамики.

Понятие «температура» выступает в классической теории теплоты как понятие, описывающее объективные черты реальности, объективное свойство материи. В повседневной жизни довольно легко определить с помощью термометра, что мы понимаем под утверждением, что некоторое тело имеет определенную температуру. Но если мы хотим определить, что могло бы означать понятие «температура атома», то, даже если исходить при этом из понятий классической физики, мы все равно оказываемся в очень затруднительном положении. В самом деле, мы не можем понятие «температура атома» сопоставить с каким-нибудь разумно определенным свойством атома, а должны в известной степени связать его с недостаточностью наших знаний об атоме. Значение температуры может быть поставлено в связь с определенными значениями статистических ожиданий некоторых свойств атома, но есть основание сомневаться в том, следует ли называть такую величину статистического ожидания объективной. Понятие «температура атома» определено немалого лучше, чем понятие «смесь» в истории о маленьком мальчике, покупавшем конфетную смесь.

Подобным же образом в квантовой теории все классические понятия, когда их применяют к атому, определены столь же расплывчато, как и понятие «температура атома», — они связаны со статистическими ожиданиями, только в редких случаях статистические ожидания могут почти граничить с достоверностью. Снова это подобно тому, как в классической теории теплоты затруднительно называть объективным статистическое ожидание. Можно было бы назвать его объективной тенденцией, «потенцией» в смысле философии Аристотеля. На самом деле я полагаю, что язык, употребляемый физиками, когда они говорят об атомных процессах, вызывает в их мышлении такие же представления, что и понятие «потенция». Так физики постепенно действительно привыкают рассматривать траектории электронов и подобные понятия не как реальность, а скорее как разновидность «потенций». Язык, по крайней мере в определенной степени, уже приспособился к действительному положению вещей. Но он не является настолько точным языком, чтобы его можно было использовать для нормальных процессов логического вывода, этот язык вызывает в нашем мышлении образы, а одновременно с ними и чувство, что эти образы обладают недостаточно отчетливой связью с реальностью, что они отображают только тенденции стать действительностью.

Неточность этого употребляемого физиками языка, заключенная в самой его сущности, привела к попыткам развить отличный от него точный язык, допускающий разумно определенные логические схемы в точном соответствии с математической схемой квантовой теории. Из этих попыток, которые ранее были предприняты Биркгоффом и фон Нейманом и недавно еще более обстоятельно фон Вейцеккером, следует, что математическая схема квантовой теории может быть истолкована как расширение или модификация классической логики. Должна быть явно изменена, в частности, основная аксиома классической логики. В классической логике предполагалось, что, поскольку некоторое утверждение вообще имеет какой-либо смысл, то или это утверждение, или отрицание утверждения должны быть истинными. Из двух высказываний — «здесь есть стол» и «здесь нет стола» — или первое, или второе утверждение должно быть истинным. «*Tertium non datur*», третья возможность не существует. Может случиться, что мы не знаем, правильно ли утверждение или его отрицание, но «в действительности» истинно только одно из них.

В квантовой теории этот закон «*tertium non datur*» должен быть, очевидно, изменен. Против всякого изменения этой основной аксиомы можно, естественно, сразу же возразить в том плане, что эта аксиома справедлива в обычном языке и что мы должны говорить на этом языке по крайней мере об изменении логики именно этого языка. Поэтому имело бы место внутреннее противоречие, если бы мы пожелали на обычном языке описать логическую схему, которая не находит в нем применения. Однако в этом пункте фон Вейцеккер разъяснил, что необходимо учитывать различные ступени языка.

Первая ступень имеет дело с объектами, например с атомами или электронами. Вторая ступень относится к высказываниям об объектах. Третья может относиться к высказываниям о высказываниях об объектах. В таком случае на различных уровнях можно было бы пользоваться различными логическими схемами. Правда, в конечном счете необходимо перейти к обычному языку и тем самым к классической логике. Но фон Вейцеккер предлагает рассматривать классическую логику в отношении квантовой логики подобным же образом «априорно», как априорно предстает классическая физика в квантовой теории. Классическая логика оказалась бы тогда содержащейся в квантовой логике как своего рода предельный случай, однако последняя представляла бы собой все-таки более общую логическую схему.

При возможном изменении классической логики необходимо иметь дело прежде всего со ступенью языка, относящейся к самим объектам. Рассмотрим, например, атом, движущийся в замкнутом ящике, который, допустим, разделен стенкой на две равные части. Пусть в стенке имеется маленькое отверстие, так что атом может случайно перелетать из одной половины в другую. Тогда, согласно классической логике, атом может находиться или в левой, или в правой половине ящика. Не существует никакой третьей возможности, «*tertium non datur*». Однако в квантовой теории необходимо доба-

вить, поскольку вообще применяются слова «атом» и «ящик», что имеются еще другие возможности, которые представляют из себя странного рода смеси обеих ранее перечисленных возможностей. Эти смеси необходимы, чтобы объяснить результаты наших опытов. Можно, например, наблюдать свет, рассеянный атомом. При этом возможно провести три опыта. В первом атом заключен только в левой половине ящика (например, благодаря тому, что отверстие закрыто), и измеряется распределение интенсивностей рассеянного света. Во втором опыте атом заключен только в правой половине ящика, и снова измеряется рассеяние света. Наконец, в третьем опыте атом может свободно перемещаться по всему ящику туда и сюда, и опять с помощью измерительных приборов исследуется распределение интенсивностей рассеянного света. Если бы теперь атом постоянно находился или в левой, или в правой половине ящика, то распределение интенсивностей в третьем опыте должно было бы представлять собой смесь обоих предыдущих распределений интенсивности (в отношении, соответствующем промежуткам времени, которые атом проводит в одной и другой половине). Однако эксперимент показывает, что, вообще говоря, это не так. Действительное распределение интенсивностей вследствие рассмотренной ранее интерференции вероятностей изменяется.

Для того чтобы иметь возможность говорить об этой ситуации, фон Вейцеккер ввел понятие «значение истинности». Любому простому альтернативному высказыванию типа «атом находится в левой (или в правой) половине ящика» сопоставляется как мера его «значения истинности» некоторое комплексное число. Если это число равно единице, значит высказывание истинно. Если число равно 0, значит высказывание ложно. Но возможны и другие значения. Квадрат абсолютного значения комплексного числа дает вероятность того, что высказывание является истинным. Сумма обеих вероятностей, относящихся к обеим частям альтернативы (в нашем случае — слева, справа), должна равняться единице. Но любая пара комплексных чисел, сопоставляемая обеим частям альтернативы, представляет собой, согласно определению Вейцеккера, высказывание непременно истинное, если данные числа имеют именно эти значения; обоих чисел, например, было бы достаточно, чтобы охарактеризовать описанный эксперимент по измерению распределения интенсивностей рассеянного света. Если слово «высказывание» применяют подобным образом, то понятие «дополнительности» можно ввести с помощью следующего определения: всякое высказывание, не тождественное ни с одним из пары альтернативных высказываний — в нашем специальном случае ни с высказыванием «атом находится в левой половине», ни с высказыванием «атом находится в правой половине ящика», — будет называться дополнительным по отношению к этим высказываниям. Для всякого дополнительного высказывания вопрос о том, находится ли атом слева или справа, неопределен. Однако выражение «неопределенно» никоим образом не эквивалентно выражению «неизвестно». «Неизвестно» означало бы, что

атом в действительности находится или слева, или справа, и что мы только не знаем, где он находится. А «неопределенно» указывает на отличную от этого ситуацию, которая может быть описана с помощью дополнительного высказывания.

Эта общая логическая схема, детали которой здесь не могут быть приведены, точно соответствует математическому формализму квантовой теории. Она образует основу точного языка, который можно употреблять для описания строения атома. Однако применение такого языка все-таки ставит ряд трудных проблем, из числа которых мы хотим упомянуть здесь только две: соотношение различных ступеней языка и выводы относительно лежащей в основе его онтологии.

В классической логике для соотношения различных уровней характерно однозначное соответствие. Два высказывания — «атом находится в левой половине» или «истинно, что атом находится в левой половине» — логически относятся к различным уровням. В классической логике оба эти высказывания, однако, полностью эквивалентны, то есть — они оба или истинны, или оба ложны. Невозможно, чтобы одно было истинным, а другое — ложным. Однако в логической схеме дополненности это соотношение запутаннее. Истинность или ложность первого высказывания действительно влечет истинность или ложность второго высказывания. Но ложность второго высказывания не влечет ложность первого высказывания. Если второе высказывание ложно, то находится ли атом в правой половине, с полной определенностью еще утверждать нельзя. Атом не обязательно должен находиться в правой половине. Полная эквивалентность обоих уровней языка относительно истинности высказываний еще сохраняется, но относительно ложности — уже нет. С этой точки зрения можно понять так называемую «устойчивость классических законов в квантовой теории»: всюду, где применение к данному эксперименту законов классической физики приводит к определенному выводу, этот же результат будет следовать и из квантовой теории, и экспериментально это также будет выполняться.

Последующей целью попытки Вейцеккера является применение модифицированных логических схем также и на более высоких уровнях языка, однако эти вопросы не могут быть здесь обсуждены.

Вторая проблема, которую надо здесь кратко обсудить, касается онтологии, лежащей в основе модифицированной логической схемы. Если пара комплексных чисел характеризует в только что описанном смысле некоторое высказывание, то должны существовать в природе состояния или ситуация, в которых это высказывание является истинным. Попробуем в этой связи употреблять слово «состояние». «Состояния», соответствующие дополнительным высказываниям, будут тогда называться, согласно Вейцеккеру, «сосуществующими состояниями». Это выражение «сосуществующие» правильно описывает положение дел; в самом деле, было бы затруднительно назвать их, например, «различными состояниями», потому что каждое состояние в определенной степени содержит и другие «сосуществующие

состояния». Это понятие «состояния» представляло бы собой в таком случае первое определение квантовомеханической онтологии. Но тогда сразу же будет ясно, что употребление слова «состояние», особенно выражения «сосуществующее состояние», связано с онтологией, столь отличной от обычной материалистической онтологии, что можно сомневаться, целесообразно ли еще здесь применение такой терминологии. Если, с другой стороны, слово «состояние» понимать в том смысле, что оно обозначает скорее возможность, чем реальность,— можно даже просто заменить слово «состояние» словом «возможность»,— то понятие «сосуществующие возможности» представляется вполне приемлемым, так как любая возможность может включать другую возможность или пересекаться с другими возможностями.

Все эти сложные определения и различия можно обойти, если ограничить применение языка описанием фактов, т. е. в нашем случае — результатов экспериментов. Но если говорить о самих атомных частицах, то необходимо или использовать (как дополнение к обычному языку) только математическую схему, или комбинировать ее с языком, который употребляет измененную логику или вообще не пользуется никакой разумно определенной логикой.

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

XI. РОЛЬ НОВОЙ ФИЗИКИ В СОВРЕМЕННОМ РАЗВИТИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Философские выводы современной физики были обсуждены в различных разделах этой книги. Это обсуждение было проведено с той целью, чтобы показать, что эта новейшая область естествознания во многих своих чертах затрагивает весьма древние тенденции мышления, что она на новой основе приближается к некоторым из древнейших проблем. Вероятно, в порядке общего предположения можно сказать, что в истории человеческого мышления наиболее плодотворными часто оказывались те направления, где встречались два различных способа мышления. Эти различные способы мышления, по-видимому, имеют свои корни в различных областях человеческой культуры или в различных временах, в различной культурной среде или в различных религиозных традициях. Если они действительно встречаются, если по крайней мере они так соотносятся друг с другом, что между ними устанавливается взаимодействие, то можно надеяться, что последуют новые и интересные открытия. Атомная физика, являющаяся частью современного естествознания, проникла в наше время в различные области культуры. Она изучается не только в Европе и в западных странах, где она принадлежит к естественнонаучной и технической деятельности, которая имела место еще задолго до создания квантовой механики, но она изучается и на Дальнем Востоке в таких странах, как Япония, Китай и Индия, с их чрезвычайно своеобразными культурными традициями, и в России, где уже около 40 лет проверяется новый способ мышления, который связан как с особенностями европейского научного развития XIX века, так и с совершенно самостоятельными традициями самой России. Конечно, последующее рассмотрение не имеет своей целью предсказание результатов встречи между идеями современной физики и традиционными идеями. Однако, видимо, можно указать пункты, в которых взаимодействие между различными идеями может произойти.

Если рассматривать, каким образом шло распространение современной физики, то его, конечно, не надо отрывать от мирового распространения естествознания, техники, медицины, иными словами, всей современной цивилизации. Современная физика есть только звено длинной цепи развития, которое началось работами Бэкона, Галилея и Ньютона и практическим применением естествознания

в XVII и XVIII веках. С самого начала возникла взаимопомощь естествознания и техники. Успехи техники, совершенствование инструментов и приборов, создание новой аппаратуры для измерения и наблюдения создавали основу для более полного и более точного эмпирического знания о природе. Прогресс в познании природы и, наконец, математическая формулировка законов природы открывали путь для нового применения этого знания в технике. Так, например, открытие телескопа дало возможность астрономам точнее измерять движение звезд в сравнении с тем, как это было прежде. Благодаря этому были достигнуты успехи в астрономии и в небесной механике.

С другой стороны, точное знание механических законов имело большое значение для совершенствования механических приборов, для создания машин, преобразующих энергию, и т. д. Победное шествие этой связи естествознания и техники началось с того момента, когда научились ставить на службу человеку некоторые силы природы. Например, энергия, которая содержится в угле, оказалась способной производить ряд работ, которые прежде должны были выполняться самими людьми. Отрасли промышленности, которые развились на базе этих новых возможностей, можно рассматривать прежде всего как естественное продолжение и развитие древнего ремесла. Во многих случаях действия машины подобны действиям, которые присущи старому ручному труду, и работы на химических фабриках могут рассматриваться как продолжение работы в красильнях и аптеках старого времени. Но позднее были созданы совершенно новые отрасли промышленности, например электротехника, которая не имела никакого сходства с ремеслом. Проникновение естествознания в более отдаленные области природы дало возможность инженерам использовать силы природы, которые прежде были почти неизвестны. А точное знание этих сил в виде математически сформулированных законов природы, которым подчиняются эти силы, образовало прочную основу для создания разнообразных машин.

Громадный успех, обусловленный связью естествознания и техники, привел к большому перевесу тех наций, государств и обществ, которые стояли на почве технической цивилизации. Естественным следствием был факт, что интерес к естествознанию и технике в настоящее время подхвачен и другими нациями, которые по своим традициям не имели склонности к естествознанию или технике. Наконец, современные средства сообщения и связи завершили процесс распространения технической цивилизации. Этот процесс изменил до основания жизненные условия на Земле, и одобряют его или нет, признают его успехи или его опасность, со всей определенностью надо подчеркнуть, что он давно перерос контроль со стороны человека. Его можно скорее рассматривать как биологический процесс, при котором структуры, действующие в человеческом организме, переносятся во все большем объеме на окружающую людей среду, и эта среда приводится в состояние, которое соответствует увеличивающемуся населению Земли.

Современная физика принадлежит к новейшему этапу развития связи естествознания и техники, и ее, к несчастью, самый очевидный результат — атомная бомба — показал наиболее резко существо этого развития. С одной стороны, оказалось ясным, что изменения, которые возникли на Земле благодаря связи естествознания и техники, не могут рассматриваться только под углом зрения оптимизма; по крайней мере частично оправдываются взгляды людей, предостерегавших от опасности таких радикальных изменений наших естественных условий жизни. С другой стороны, процесс развития принудил тех, кто пытался держаться как можно дальше от этой опасности, обратить самое серьезное внимание на новое развитие, так как ведь очевидно, что политическая власть в смысле военной силы в будущем будет основана на обладании атомной бомбой.

В задачи данной книги не входит подробное обсуждение политических последствий применения ядерной физики. Но несколько слов все же должно быть сказано по этому поводу, так как именно проблемы, связанные с атомной бомбой, прежде всего возникают в головах людей, когда заходит речь об атомной физике. Открытие новых видов оружия, в особенности термоядерного, без сомнения, изменило политическую структуру мира. Решающее изменение произошло с понятием «независимых» наций и государств, так как каждая нация, которая не обладает таким оружием, в какой-то степени зависит от нескольких наций, которые обладают таким оружием и могут его производить в большом количестве. Но попытка вести войну в больших размерах с помощью такого оружия, по сути дела, представляет собой бессмысленное самоубийство. Поэтому часто слышен оптимистический вывод, что война устарела, что она теперь не может начаться. Этот взгляд, к сожалению, основывается на одном из многих слишком оптимистических упрощений; напротив, абсурдность ведения войны с применением термоядерного оружия может оказаться стимулом к войнам малого масштаба. Если какая-нибудь нация или политическая группа убеждены на основе своего исторического или морального права в необходимости изменения современного положения в мире, то она будет считать, что применение для этой цели разрешенных видов оружия не приведет к большому риску. Они будут уверены, что противник не прибегнет к атомному оружию, так как в этом сложном вопросе исторически и морально противник окажется неправым и не решится на большую атомную войну. Эта ситуация, напротив, должна побудить другие нации категорически заявлять, что они прибегнут к атомному оружию в случае малых войн, в которых они подвергнутся нападению. Таким образом, очевидно, что опасность сохранится. По-видимому, мир в какие-нибудь 20 или 30 лет изменится так сильно, что опасность войны в большом масштабе с применением всех средств уничтожения станет много меньше или совсем исчезнет. Однако путь к этому новому состоянию полон опасностей.

Как и во все прежние времена, нужно отдавать отчет в том, что то, что кажется оправданным исторически и морально для одной сторо-

ны, может оказаться неоправданным для другой. Сохранение status quo не всегда бывает правильным решением. Напротив, по-видимому, чрезвычайно важно найти мирный путь к урегулированию международного положения. Во многих случаях вообще очень трудно найти правильное решение. Поэтому, пожалуй, не будет пессимистическим сказать, что только тогда можно избежать большой войны, когда все политические группы будут готовы отказаться от своих мнимо очевидных прав, принимая во внимание тот факт, что вопрос о справедливости и несправедливости будет по-разному выглядеть для различных сторон. Это, конечно, не новая точка зрения; фактически необходимо только то отношение к жизни, которому в течение многих веков учат великие религии.

Изобретение атомного оружия поставило и перед наукой, и перед учеными совершенно новые проблемы. Влияние науки на политику стало много больше, чем оно было перед второй мировой войной, и это обстоятельство налагает двойную ответственность на ученых, особенно на физиков-атомщиков. Ученый может или активно участвовать в управлении своей страной ввиду важности науки для общества (в этом случае он должен в конечном счете взять на себя ответственность за такие важные решения, которые выходят далеко за рамки решений, связанных с узким кругом исследовательской и университетской работы, к которой он привык до сих пор), или же он может отстраняться от всякого участия в решении политических вопросов. Потом он все же будет ответственен за ложные решения, которым он мог бы, пожалуй, воспрепятствовать, если бы он не жил спокойной жизнью кабинетного ученого. Очевидно, долг ученых — информировать свои правительства о совершенно не виданных ранее размерах разрушения, которые принесла бы война с применением термоядерного оружия.

Кроме этого, ученых часто приглашают принять участие в торжественных резолюциях в пользу всеобщего мира; в отношении этого последнего я должен признаться, что никогда не мог понять смысл таких деклараций. Подобные резолюции, по-видимому, выглядят доказательством доброй воли, однако каждый, кто высказывается за мир, не выдвигая точно условия этого мира, должен тотчас же вызвать подозрение в том, что он говорит только о таком мире, при котором он или его политическая группа наилучшим образом процветает. Тем самым, естественно, значение декларации полностью обесценивается. Каждая подлинная резолюция в пользу мира может состоять только из перечисления жертв, которые надо принести для сохранения мира. Однако ученые вовсе не вправе делать заявления подобного рода.

В то же самое время ученые могут с гораздо большим успехом способствовать сохранению мира, содействуя интернациональному сотрудничеству ученых в своей узкой области. Большое значение, которое сегодня придается ядерным исследованиям многими правительствами, и тот факт, что уровень научных работ в различных странах весьма различен, благоприятствует международному сотрудничеству

молодых ученых разных стран, собранных вместе в исследовательских институтах, и общность работы в труднейших областях современной науки будет только способствовать взаимопониманию.

В одном случае, а именно в Женевской организации (CERN¹⁵), удалось добиться согласия ряда европейских стран о строительстве общей лаборатории для термоядерных исследований. Этот род сотрудничества, кроме того, способствует консолидации общих усилий в отношении научных проблем и, быть может, эти общие усилия молодого поколения инженеров и физиков выйдут за рамки только чисто научных проблем. Конечно, с самого начала нельзя предвидеть, какие будут результаты после того, как ученые возвратятся в свою прежнюю обстановку, к своим прежним традициям. Но едва ли можно сомневаться в том, что обмен идеями между молодыми учеными разных стран и между разными поколениями в каждой стране будет способствовать тому, чтобы, не прибегая к исключительным мерам, приблизиться к новому состоянию, в котором установится равновесие между старыми силами традиций и неизбежными требованиями современной жизни. Особенной чертой современного естествознания, характеризующей его более, чем что-либо другое, является сильная связь между различными культурными традициями, именно тот факт, что окончательное решение того, что истинно или ложно, не зависит ни от какого человеческого авторитета. Иногда, быть может, проходят многие годы, прежде чем найдут решение проблемы, прежде чем удастся точно отличить истину от лжи; наконец, вопросы решаются; принимаются эти решения не какой-либо группой ученых, а самой природой. К тому же, научные идеи распространяются среди тех, кто имеет интерес к науке, эти идеи распространяются совершенно иным путем, чем политические. В то время как политические идеи, смотря по обстоятельствам, могут оказывать убедительное влияние на широкие народные массы только потому, что они служат преобладающим интересам людей или по крайней мере кажется, что служат, научные идеи распространяются только потому, что они истинны. Существуют объективные и окончательные критерии, которые решают вопрос о правильности естественнонаучного утверждения.

Все, что здесь говорилось о международном сотрудничестве и обмене людьми, естественно, в равной мере справедливо для любой области современного естествознания; это ни в коем случае не ограничивается только атомной физикой. В этом отношении современная физика является лишь одной из многих отраслей науки, и даже если техническое применение, а именно атомное оружие и мирное использование атомной энергии, придает ей особое значение, все же нет никаких оснований считать международное сотрудничество в области атомной физики гораздо более важным делом, чем сотрудничество в других областях естествознания. Однако теперь мы должны остановиться еще раз на основных чертах современной физики, которые существенно отличаются от прежнего развития естествознания, и по этой причине мы еще раз должны вернуться к европейской истории

этого развития, которое осуществлялось благодаря взаимосвязи естествознания и техники.

Среди историков часто обсуждался вопрос, являлось ли вполне закономерным следствием прежних течений в духовной жизни Европы возникновение естествознания после XVI века. В этой связи можно указать на определенные тенденции в христианской философии, приведшие к такому абстрактному понятию бога, когда бог был настолько высоко удален от мира, что оказалось возможным рассматривать мир, не усматривая в нем в то же самое время и бога. Картезианское разделение может считаться последним шагом в этом развитии. Многие теологические разногласия вызвали общее недовольство такими проблемами, которые не могут быть разрешены рационально и которые обуславливали политические столкновения того времени; это недовольство возбуждало интерес к проблемам, резко отделенным от теологических дискуссий. Нужно отметить также громадную активность и новое направление мысли, которое пришло в Европу в период Ренессанса. Во всяком случае, в это время появился новый авторитет, который был совершенно независим от христианской религии, философии и церкви, авторитет опыта, эмпирического знания. Можно проследить истоки этого авторитета в более ранних философских направлениях, например в философии Оккама или Дунса Скотта, однако решающей силой в развитии человеческой мысли этот авторитет стал только начиная с XVI века. Галилей хотел не только рассуждать о механическом движении — маятника и падающего камня, — но он хотел исследовать количественно с помощью эксперимента, как происходят эти движения. Эта новая сфера деятельности вначале, видимо, не рассматривалась как отклонение от традиционной христианской религии. Напротив, говорили о двух видах божественного откровения. Один записан в библии, другой находится в книге природы. Священное писание было написано людьми и потому подвержено человеческому заблуждению. Природа является непосредственным выражением божественной воли.

Однако то большое значение, которое придавали опыту, привело к медленному и постепенному изменению во всем понимании действительности.

В то время как то, что мы сегодня называем символическим значением вещи, в средние века в некотором смысле являлось ее первичной реальностью, теперь реальность стала только тем, что мы в состоянии воспринимать нашими чувствами. Первичной реальностью оказалось то, что мы можем видеть и осязать. И это новое понятие реальности связывалось с новой деятельностью. Мы можем экспериментировать и обнаружить, каковы вещи в действительности. Легко можно представить, что этот новый подход означал не что иное, как прорыв человеческой мысли в бесконечную область новых возможностей, и поэтому вполне понятно, что церковь в новом движении увидела для себя скорее опасность, чем надежду. Известный процесс против Галилея из-за его выступления в защиту системы Коперника означал начало борьбы, которая длилась более столетия.

В этом споре представители естествознания утверждали, что только опыт может претендовать на неоспоримую истину. Они отрицали право за человеческим авторитетом решать, что в действительности происходит в природе, и считали, что это решение — дело самой природы или в этом смысле самого бога. С другой стороны, представители традиционной религии говорили: если слишком направлять наше внимание на материальный мир, на чувственно воспринимаемое, то мы потеряем связь с важнейшими ценностями человеческой жизни, с той частью реальности, которая находится по ту сторону материального мира. Оба эти довода не соприкасаются, и потому проблема не может быть разрешена путем какого-либо соглашения или решения.

Между тем естествознание создавало все более ясную и обширную картину материального мира. В физике эта картина описывалась понятиями, которые мы сегодня называем понятиями классической физики. Мир состоит из вещей, находящихся в пространстве и времени, вещи состоят из материи, а материя вызывает силы и может быть подвергнута воздействию сил. Процессы совершаются путем взаимодействия материи и силы. Каждый процесс является и следствием, и причиной других процессов.

Одновременно отношение человека к природе превращалось из созерцательного в практическое. Теперь уже интересовались не природой, как она есть, а прежде всего задавались вопросом, что с ней можно сделать. Естествознание поэтому превратилось в технику. Каждый успех знания связывался с вопросом, какая практическая польза может быть получена из этого знания. Это нашло место не только в физике; и в химии, и в биологии в основном была та же самая тенденция, и успех новых методов в медицине или сельском хозяйстве решающим образом способствовал распространению нового направления.

Таким образом, в XIX веке естествознание было заключено в строгие рамки, которые определяли не только облик естествознания, но и общие взгляды людей. Эти рамки во многом определялись основополагающими понятиями классической физики, такими, как пространство, время, материя и причинность. Понятие реальности относилось к вещам или процессам, которые мы воспринимаем нашими чувствами или которые могут наблюдаться с помощью усовершенствованных приборов, представленных техникой. Материя являлась первичной реальностью. Прогресс науки проявлялся в завоевании материального мира. Польза была знаменем времени.

С другой стороны, эти рамки были настолько узкими и неподвижными, что трудно было найти в них место для многих понятий нашего языка, например понятий духа, человеческой души или жизни. Дух включался в общую картину только как своего рода зеркало материального мира, и если свойства этого зеркала изучались в психологии, то ученые всегда впадали в искушение — если продолжать это сравнение — направлять свое внимание больше на механические, чем на оптические свойства этого зеркала. И здесь еще пытались применять понятия классической физики, особенно понятие

причинности. Подобным образом и жизнь понималась как физико-химический процесс, который происходит по законам природы и полностью определяется законом причинности. Это понимание получило сильную поддержку со стороны дарвиновского учения о развитии.

Особенно трудно было найти место в этой системе знания для тех сторон реальности, которые составляли предмет традиционной религии и которые теперь представляются более или менее иллюзией. Поэтому в тех европейских странах, где обычно идеи доводились до их логического конца, появилась открытая враждебность по отношению к религии, и даже в других странах возникла усиливающаяся тенденция безразличного отношения к подобным вопросам. Только этические ценности христианской религии, по крайней мере вначале, принимались этим движением. Доверие к научному методу и рациональному мышлению заменило все другие гарантии человеческого духа.

Если теперь возвратиться к вопросу, что внесла в этот процесс физика нашего века, то можно сказать, что важнейшее изменение, которое было обусловлено ее результатами, состоит в разрушении неподвижной системы понятий XIX века. Естественно, что и раньше предпринимались попытки выйти из этой неподвижной системы, которая совершенно очевидно была слишком узкой для понимания важнейших сторон действительности. Однако нельзя было выяснить, что является ложным, например, в таких основополагающих понятиях, как материя, пространство, время и причинность, которые обычно так хорошо себя оправдывали в истории науки. Только экспериментальное исследование, проведенное с помощью современной техники, и его математическое истолкование создали основы для критического анализа или, можно сказать, они вызвали критический анализ этих понятий и привели, наконец, к разрушению неподвижной системы.

Это разрушение совершилось путем двух самостоятельных шагов. Первым шагом является открытие, происшедшее в связи с теорией относительности, заключающееся в том, что даже такие основополагающие понятия, как пространство и время, могут изменяться и даже должны изменяться. Эти изменения касаются не столько неточного употребления понятий пространства и времени в обыденном языке, сколько их точной формулировки в научном языке механики Ньютона, которую ошибочно считали чем-то окончательным. Вторым шагом явилось разъяснение понятия материи, которое было вызвано результатами экспериментов по изучению строения атома. Идея реальности материи, вероятно, являлась самой сильной стороной жесткой системы понятий XIX века; эта идея в связи с новым опытом по меньшей мере должна была быть модифицирована. Однако понятия, поскольку они принадлежали к обыденному языку, остались в основном нетронутыми. Не возникало никаких трудностей, когда говорили о материи, о фактах или о реальности, описывая атомные опыты и их результаты. Однако научная экстраполяция этих понятий на мельчайшие частицы не могла быть проведена простым образом, как пред-

ставлялось это в классической физике, и как раз это простое представление вело к неверным взглядам на проблему материи.

Новые открытия прежде всего серьезно предостерегали против вынужденного применения физических понятий в областях, к которым они не принадлежат. Некритическое применение понятий классической физики в химии, например, было ошибкой. Поэтому в настоящее время вряд ли склонны считать, что понятия всей физики, а также квантовой теории могут быть успешно применены в биологии или в других науках. Напротив, пытаются открыть двери для новых понятий, даже в тех науках, где старые понятия весьма полезны для понимания явлений. В особенности стараются избегать поспешных упрощений в тех случаях, когда применение старых понятий представляется несколько вынужденным или не совсем подходящим.

Кроме того, развитие и анализ современной физики способствуют пониманию, что понятия обыденного опыта, как бы неточны они ни были, по-видимому, являются более устойчивыми при расширении нашего знания, чем точные понятия научного языка, которые образуются как идеализация одной весьма ограниченной группы явлений. В сущности, это и неудивительно, так как понятия обыденного языка образованы путем непосредственной связи с миром, и они описывают реальность; они, правда, не очень хорошо определены и потому с течением времени претерпевают изменения, так как изменяется сама реальность, однако они никогда не теряют непосредственной связи с реальностью. С другой стороны, научные понятия представляют собой идеализации. Они выводятся из экспериментов, произведенных с помощью совершенных вспомогательных средств, их значения точно установлены путем аксиом и определений. Только на основе таких точных определений можно связывать понятия с математической схемой и затем математически выводить в этой области бесконечное многообразие возможных явлений. Однако в процессе этой идеализации и точного определения теряется непосредственная связь с реальностью. Понятия всегда очень хорошо подходят к той части реальности, которая является предметом исследования. В других областях явлений соответствие теряется.

Если исходить из этой обоснованной в своей сущности стабильности понятий обыденного языка в процессе научного развития, то следует признать, что на основе открытий современной физики наша позиция относительно таких понятий, как бог, человеческая душа, жизнь, должна отличаться от позиции XIX века, так как эти понятия принадлежат именно к естественному языку и потому непосредственно связаны с реальностью. Конечно, мы должны себе давать отчет в том, что эти понятия не могут быть хорошо определены в научном смысле и что их применение будет приводить к различным внутренним противоречиям; все же мы должны пока эти понятия брать так, как они есть, не анализируя и строго не определяя. Мы знаем, что они имеют отношение к реальности. В этой связи, пожалуй, полезно вспомнить о том, что даже в самой точной науке, в математике, не может быть устранено употребление понятий,

содержащих внутренние противоречия. Например, хорошо известно, что понятие бесконечности ведет к противоречиям, однако практически было бы невозможно построить без этого понятия важнейшие разделы математики.

Общая тенденция человеческого мышления в XIX веке вела к возрастающей вере в научный метод и в точные рациональные понятия; эта тенденция связывалась с всеобщим скепсисом в отношении тех понятий обыденного языка, которые не входили в замкнутые рамки научного мышления, например понятий религии. Современная физика во многих случаях еще усилила этот скепсис, однако в то же время она встала против переоценки самих научных понятий, вообще против слишком оптимистического взгляда на прогресс и, наконец, против самого скепсиса. Скепсис в отношении точных научных понятий не означает, что должны существовать абсолютные границы применения рационального мышления. Напротив, можно сказать, что в определенном смысле человеческая способность к познанию безгранична. Однако существующие научные понятия подходят только к одной очень ограниченной области реальности, в то время как другая область, которая еще не познана, остается бесконечной. В любом случае, где мы переходим от познанного к непознанному, мы надеемся нечто понять, но одновременно, пожалуй, необходимо при этом подчеркнуть новое значение слова «понимать». Мы знаем, что всякое понимание в конце концов покоится на обычном языке, так как только в этом случае мы уверены в том, что не оторвались от реальности, и поэтому мы должны быть настроены скептически против любого вида скепсиса в отношении этого обычного языка и его основных понятий и должны этими понятиями пользоваться так, как ими пользовались во все времена. Быть может, таким образом современная физика открыла дверь новому и более широкому взгляду на отношения между человеческим духом и реальностью.

Современное естествознание проникает в наше время в другие части света, где культурные традиции сильно отличаются от европейской цивилизации. Наступление новой естественнонаучной и технической деятельности должно вызвать там гораздо более сильные потрясения, чем в Европе, так как изменения в условиях жизни, происходившие в Европе постепенно в течение 2—3 столетий, там должны произойти в течение нескольких десятков лет. Нужно ожидать, что эта новая деятельность во многих случаях проявляется как разрушение старой культуры, как бесцеремонное и варварское вмешательство, нарушающее зыбкое равновесие, на котором зиждется все человеческое счастье. Этих последствий, к сожалению, нельзя избежать, с ними надо примириться как с характерной чертой нашего времени. И все же даже в этом отношении революционный дух современной физики до некоторой степени может помочь привести в соответствие древние традиции с новыми тенденциями в мышлении. Так, например, большой научный вклад в теорию физики, сделанный в Японии после войны, может рассматриваться как признак определенной взаимосвязи традиционных представлений

Дальнего Востока с философской сущностью квантовой теории. Вероятно, легче привыкнуть к понятию реальности в квантовой теории в том случае, если нет привычки к наивному материалистическому образу мыслей, господствовавшему в Европе еще в первые десятилетия нашего века.

Естественно, эти замечания не должны пониматься как недооценка вредного влияния, которое, вероятно, привнесено или еще будет привнесено старыми культурными традициями в процессе научного прогресса. Но так как все это развитие давно вышло из-под контроля человека, то мы должны признать его как одну из существенных черт нашего времени и попытаться насколько возможно связать это развитие с теми человеческими ценностями, которые являлись целью древних культурных и религиозных традиций.

При этом имеет смысл привести одну притчу из истории религии хасидов. Жил старый раввин, священник, который был известен своей мудростью и к которому люди шли за советом. Пришел к нему один человек в отчаянии от всех происходивших вокруг него изменений и стал жаловаться на все то зло, которое происходит по причине так называемого технического прогресса. «Разве имеет цену весь технический хлам,— сказал он,— когда думают о действительной ценности жизни?» Раввин ответил: «Все в мире может способствовать нашему знанию: не только то, что создал бог, но и все то, что сделал человек». — «Чему мы можем научиться у железной дороги?» — спросил в сомнении пришедший. «Тому, что из-за одного мгновения можно упустить все». — «А у телеграфа?» — «Тому, что за каждое слово надо отвечать». — «У телефона?» — «Тому, что там слышат то, что мы здесь говорим». Пришедший понял, что думал раввин, и пошел своей дорогой.

Наконец, современное естествознание врывается в те страны, в которых в течение нескольких десятилетий создавались новые положения веры как основа для новых могучих общественных сил. В этих странах современная наука обнаруживает себя как в отношении содержания этих положений веры, ведущих свое начало от европейских философских идей XIX в. (Гегель и Маркс), так и в отношении феномена веры, который не признает никакого компромисса с другими взглядами. Так как современная физика из-за своей практической пользы и в этих странах играет большую роль, то едва ли можно избегать того, что и там будет ощущаться ограниченность новых положений веры теми, кто действительно понимает современную физику и ее философское значение. Поэтому, для будущего будет, по-видимому, плодотворным духовный обмен между естествознанием и новым политическим учением. Естественно, что не надо переоценивать влияние науки. Но открытость современного естествознания, вероятно, в состоянии помочь большим группам людей понять, что новые положения веры для общества не так важны, как предполагалось до сих пор. Таким образом, влияние современной науки может оказаться очень благотворным для развития терпимости к иным идеям и потому стать весьма полезным.

С другой стороны, необходимо гораздо более серьезно относиться к феномену слепой безусловной веры, чем к специальным философским идеям XIX века. Мы не можем закрыть глаза перед фактом, что едва ли когда-нибудь большое число людей сможет иметь обоснованное мнение о правильности определенных общих идей или положений веры. Поэтому слово «вера» для этого большинства людей никогда не означает «знание истины», а понимается только как «то, что является основой жизни». Легко можно понять, что вера в этом втором смысле много крепче и прочнее. Она остается непоколебимой даже при столкновении с непосредственно противоречащим опытом, и потому ее не может поколебать новое знание. История прошедших десятилетий на многих примерах учит тому, что этот второй вид веры часто поддерживается и тогда, когда он полностью противоречит сам себе, и что его конец приходит только со смертью верующих. Наука и история учат нас тому, что второй вид веры может представлять большую опасность для тех, кто подпадает под его влияние. Но это понимание ничего не дает, поскольку не известны способы, какими можно преодолеть эту веру; этим объясняется, что этот род веры всегда принадлежал к значительным силам человеческой истории. Исходя из научных традиций XIX в., можно было бы надеяться, что всякая вера должна основываться на рациональном анализе всех аргументов, на последовательных умозаключениях и что иной род веры, при котором настоящая или кажущаяся истина принимается просто как основа жизни, вообще не должен иметь места.

Безусловно, глубокое размышление, основанное на чисто рациональных аргументах, может предохранить нас от многих ошибок и заблуждений, так как оно предполагает учет новых условий и потому может стать необходимой предпосылкой жизни. Однако, если размышлять об опыте современной физики, то легко прийти к выводу, что всегда должна быть принципиальная дополнительность между размышлением и решением. В практической жизни едва ли вероятно, чтобы возможное решение охватывало все аргументы «за» и «против» и потому приходится всегда действовать на базе недостаточного знания. Решение в конце концов принимается посредством того, что отбрасываются все аргументы — и те, которые продуманы, и те, к которым можно прийти путем дальнейших рассуждений. Решение, быть может, является результатом размышления, но одновременно оно и кончается с размышлением, исключает его. Даже важнейшие решения в жизни всегда, пожалуй, содержат неизбежный элемент иррациональности. Само решение необходимо, так как должно быть что-то, на что мы можем полагаться, а именно основное положение, которое направляет наши действия. Не имея такого прочного отправного пункта, наши действия потеряли бы всякую силу. Жизненную основу образует иррациональное выявление действительной или кажущейся истины или смешения этих истин. Этот факт, с одной стороны, дает нам право оценить жизненные основы общества прежде всего по особенностям морали, в которых они проявляются, и, с другой стороны, подготавливает нас уважать также и жиз-

ненные принципы других обществ, которые сильно отличаются от наших.

Если мы хотим сделать общий вывод из этих мыслей о проникновении современной науки в различные области жизни, то возможно установить, что современная физика представляет собой только одну, хотя и весьма характерную сторону общего исторического процесса, имеющего тенденцию к объединению и расширению нашего современного мира. Этот процесс сам по себе привел бы к уменьшению политической напряженности, которая в наше время представляет большую опасность. Но этот процесс сопровождается другим процессом, который действует в прямо противоположном направлении. Именно тот факт, что многие народы осознают этот процесс объединения, ведет в существующих цивилизованных странах к подъему всех сил, которые стремятся обеспечить своим традиционным ценностям возможно более полное влияние в окончательном состоянии единства. Из-за этого возникает напряженность, и оба конкурирующих процесса так тесно связаны между собой, что каждое усиление процесса объединения, например путем нового технического прогресса, тотчас усиливает борьбу за конечное влияние и потому способствует неуверенности на промежуточном этапе. Современная физика в этом опасном процессе объединения играет, пожалуй, только подчиненную роль. Однако в двух решающих пунктах она, по-видимому, помогает направить развитие по мирным рельсам. Во-первых, она показывает, что применение оружия в этом процессе имело бы чудовищные последствия; во-вторых, своей доступностью для многих исторически сложившихся способов мышления она пробуждает надежду, что в окончательном состоянии различные культурные традиции, новые и старые, будут сосуществовать, что весьма разнородные человеческие устремления могут быть соединены для того, чтобы образовать новое равновесие между мыслями и действием, между созерцательностью и активностью.

ПРИМЕЧАНИЯ И КОММЕНТАРИИ*

Нижеследующие примечания носят преимущественно библиографический характер и ставят целью восполнить опущенный в тексте работ Гейзенберга (ввиду их популяризаторского характера) научно-библиографический аппарат ссылок и документации. Теоретические соображения по соответствующим пунктам и вопросам приведены в разделе «Вернер Гейзенберг и философия». Соответственно в примечаниях не дано и сведений об авторах цитируемых библиографических источников. Эти сведения в ряде случаев приведены в приложенном в конце книги именном указателе. При цитировании источников, использованных Гейзенбергом, в примечаниях по возможности даются также публикации соответствующих текстов в русских переводах.

1. См.: Г. Бете, А. Зомерфельд. Электронная теория металлов. М.: Гостехиздат, 1938; А. Зомерфельд. Строение атома и спектры. М.: Гостехиздат, 1956

2. См.: Л. Бройль. Введение в волновую механику. Харьков—Киев, Госнаучтехиздат Украины, 1934; Л. де Бройль. Революция в физике. М.: Атомиздат, 1965.

3. Бор, Крамерс и Слэтер в 1924 г. сформулировали гипотезу о том, что при процессах, происходящих на атомном и субатомном уровнях структуры материи, принципы сохранения энергии и импульса выполняются лишь статистически. См. об этой гипотезе: Г. А. Крамерс, Х. Гольст. Строение атома и теория Бора. М.—Л.: Госиздат, 1926; Д. ж. Слэтер. Электронная структура молекул. М.: Мир, 1965.

4. Упомянутые здесь работы Шредингера имеются в русских переводах в сборниках: Э. Шредингер. Избранные труды по квантовой механике. М.: Наука, 1979; Э. Шредингер. Новые пути в физике. Статьи и речи. М.: Наука, 1971. См. также: Э. Шредингер. Четыре лекции по волновой механике. Харьков—Киев, Госнаучтехиздат Украины, 1936; Э. Шредингер. Статистическая термодинамика. М.: Издательство иностранной литературы, 1948; Э. Шредингер. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: Атомиздат, 1972, изд. 2-е.

5. Имеется в виду упоминание об Анаксимандре в написанном приблизительно на рубеже IV—III вв. до н. э. труде Теофраста «Мнения физиков», дошедшем до нас лишь в фрагментах.

6. О естественнонаучных аспектах воззрений перечисляемых В. Гейзенбергом досократиков см. подробнее: И. Д. Рожанский. Развитие естествознания в эпоху античности. Ранняя греческая наука «о природе». М.: Наука, 1979.

7. См.: там же, с. 352—370.

8. См.: там же, с. 371—395, раздел «Атомистическая концепция Платона».

9. См.: Г. А. Лоренц. Теория электронов и ее применение к явлениям света и теплового излучения. Изд. 2-е. М.: Гостехиздат, 1953; Г. А. Лоренц. Старые и новые проблемы физики. М.: Наука, 1970.

* Составлены Б. А. Старостиним.

10. См.: Д. Б о м. Причинность и случайность в современной физике. М.: ИЛ, 1959; Д. Б о м. Общая теория коллективных переменных. М.: Мир, 1964; Д. Б о м. Квантовая теория. Изд. 2-е. М.: Наука, 1965.

11. Подробное изложение вопросов, связанных с симметрией волн и частиц и математическим представлением проблем квантования трехмерных материальных волн, см. (в плоскости анализа, затронутой в данном контексте В. Гейзенбергом) в работах: Е. В и г н е р. Теория групп и ее приложения к квантово-механической теории атомных спектров. М.: ИЛ, 1961; Е. В и г н е р. Этюды о симметрии. М.: Мир, 1971.

12. В. И. Л е н и н. Полн. собр. соч., т. 18, с. 276.

13. «Естественно возникновение того, что возникает от природы; то, из чего нечто возникает, — это, как мы говорим, материал; то, вследствие чего оно возникает, — это нечто сущее от природы, а чем оно становится — это человек, растение или еще что-то подобное им, что мы, скорее всего, обозначаем как сущности. А все, что возникает — естественным ли путем или через искусство, — имеет материя, ибо каждое возникающее может и быть, и не быть, а эта возможность и есть у каждой вещи материя. Вообще же природа — это и то, из чего нечто возникает, и то, сообразно с чем оно возникает (ибо все возникающее, например растение или животное, имеет ту или иную природу), и то, вследствие чего нечто возникает, — так называемое дающее форму естество, по виду тождественное возникающему, хотя оно в другом: ведь человек рожден человеком» (А р и с т о т е л ь. Сочинения в четырех томах. М.: Мысль, 1975, т. I, с. 198).

14. И. В. Г е т е. Собрание сочинений. М.: ГИХЛ, 1947, т. 5, с. 118—119 («Фауст» в переводе Н. Холодковского).

15. CERN — Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, Европейская организация ядерных исследований — международный центр, расположенный близ Женевы; основан в 1954 г. для координации фундаментальных исследований ряда западноевропейских стран в области физики элементарных частиц и ядра.

Посвящается моей жене

ЧАСТЬ И ЦЕЛОЕ

(Беседы вокруг атомной физики)

Перевод с немецкого
В. В. БИБИХИНА *

* При сверке данного перевода, осуществленной В. И. Аршиновым, учитывался рукописный перевод этой книги, выполненный в свое время с английского издания сотрудником Института философии АН СССР кандидатом философских наук Николаем Ивановичем Степановым, ныне покойным.

Предисловие	135
I. Первая встреча с учением об атоме (1919—1920)	137
II. Решение изучать физику (1920)	149
III. «Понимание» в современной физике (1920—1922)	160
IV. Уроки политики и истории (1922—1924)	174
V. Квантовая механика и беседа с Эйнштейном (1925—1926)	187
VI. Прорыв в новую землю (1926—1927)	198
VII. Первые беседы об отношении естествознания к религии (1927)	208
VIII. Атомная физика и прагматический образ мысли (1929)	218
IX. Беседы о связи между биологией, физикой и химией (1930—1932)	227
X. Квантовая механика и философия Канта (1930—1932)	239
XI. Дискуссия о языке (1933)	247
XII. Революция и университетская жизнь (1933)	261
XIII. Дискуссии о возможностях атомной техники и об элементарных частицах (1935—1937)	273
XIV. Поведение отдельного человека во время политической катастрофы (1937—1941)	282
XV. Путь к новому началу (1941—1945)	295
XVI. Об ответственности исследователя (1945—1950)	306
XVII. Позитивизм, метафизика и религия (1952)	318
XVIII. Политическая и научная полемика (1956—1957)	330
XIX. Единая теория поля (1957—1958)	341
XX. Элементарные частицы и философия Платона (1961—1965)	347
Примечания и комментарии	356

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Что касается произнесенных речей... то мне как воспринимавшему их на слух... невозможно было удержать в памяти точное словесное звучание сказанного. Поэтому каждый оратор говорит у меня так, как по моему мнению ему, скорее всего, подобало говорить в тех или иных обстоятельствах, причем я так близко, как это только возможно, придерживался хода мысли того, что действительно было сказано».

Фукидид

Науку делают люди. Об этом естественном обстоятельстве легко забывают; еще одно напоминание о нем может способствовать уменьшению прискорбной пропасти между двумя культурами — гуманитарно-художественной и научно-технической. В данной книге речь идет о событиях в атомной физике за последние пятьдесят лет, как они были пережиты автором. Естественные науки опираются на эксперименты, они приходят к своим результатам в беседах людей, занимающихся ими и совещающихся между собой об истолковании экспериментов. Такие вот беседы составляют главное содержание книги. На их примере должно сделаться ясным, что наука возникает в диалоге. Понятно, что по прошествии нескольких десятилетий эти беседы уже нельзя передать дословно. Буквально приводятся лишь цитируемые отрывки из писем. Не идет здесь речи и о мемуарах в полном смысле слова. Автор поэтому позволяет себе время от времени сокращать, выравнивать повествование и отказываться от исторической точности; он стремится лишь к точности существенных черт картины. В приводимых беседах атомная физика далеко не всегда играет центральную роль. Не менее часто разговор касается человеческих, философских или политических проблем, и автор надеется, что отсюда как раз и станет ясно, насколько невозможно отгородить естествознание от более общих вопросов.

Многие участники бесед названы в книге только по именам, отчасти потому, что в дальнейшем их фамилии не стали достоянием общности, отчасти потому, что отношение автора к ним становится благодаря этому яснее. Кроме того, так легче избежать впечатления, будто речь везде идет об исторически верном воспроизведении всех деталей событий. На том же основании автор отказался и от более точной обрисовки образа встречающихся лиц; в каком-то смысле их можно узнать лишь по тому, как они говорят. Зато большое внимание уделено точному и живому описанию той духовной атмосферы, в которой происходили разговоры. В самом деле, здесь-то и проясняется процесс возникновения науки, здесь-то и можно всего лучше понять, как сотрудничество очень разных людей способно в конечном счете привести к научным достижениям огромного значения. Целью

автора было передать даже далеко стоящему от современной атомной физики человеку какое-то впечатление от тех духовных процессов, которые сопровождали историю возникновения этой науки. Пришлось при этом считаться с тем, что на фоне бесед зачастую угадывается весьма абстрактный и сложный математический контекст, который невозможно понять без глубокого изучения.

Наконец, при записывании этих бесед у автора была и еще одна цель. Современная атомная физика заново поставила на обсуждение принципиальные философские, этические и политические проблемы, и желательно, чтобы в их обсуждении участвовал как можно больший круг людей. Возможно, настоящая книга отчасти послужит созданию почвы для этого.

I. ПЕРВАЯ ВСТРЕЧА С УЧЕНИЕМ ОБ АТОМЕ (1919—1920)

Это было, надо думать, весной 1920 года. Исход первой мировой войны привел молодежь нашей страны в беспокойное движение. Бразды правления выскользнули из рук глубоко разочарованного старшего поколения, и молодые люди сбивались в группы, в малые и большие сообщества, чтобы искать новый, свой путь или хотя бы какой-то новый компас, по которому можно было бы ориентироваться, потому что старый, похоже, сломался. Так вот и я ясным весенним днем шагал с группой из десяти или, может быть, двадцати приятелей, которые по большей части были моложе меня самого. Мы шли походом через холмистую местность вдоль западного берега озера Штарнбергер, лежавшего, как можно было видеть сквозь просветы в сияющей зелени бука, слева под нами и, казалось, простиравшегося до самых гор на горизонте. В этом походе, странным образом, произошла та первая беседа о мире атомов, которая много значила для меня в моем последующем научном развитии. Чтобы понять, почему в компании веселых, беззаботных молодых людей, простодушно радовавшихся красоте цветущей природы, могли возникнуть подобные разговоры, достаточно вспомнить, пожалуй, о том, что защитная среда родительского дома и школы, окружающая юность в мирные годы, была разрушена в то смутное время, и как бы в замену ей у молодежи возникла независимость суждений, требовавшая полагаться на собственный приговор даже там, где необходимая для этого подготовка явно отсутствовала.

В нескольких шагах впереди меня шел белокурый, прекрасно сложенный подросток, родители которого просили меня как-то в прошлом помогать ему по некоторым школьным предметам. Еще год назад он, пятнадцатилетний, подтаскивал в уличных боях боеприпасы, в то время как его отец лежал с пулеметом за Виттельсбаховским фонтаном; это были дни Советской республики в Мюнхене. Другие, включая меня самого, два года назад еще работали батраками в крестьянских усадьбах на Баварском плоскогорье. Так что крутые ситуации были нам уже не в новинку, и мы не боялись иметь собственные мысли даже по самым трудным вопросам.

Внешним поводом для беседы явилось, скорее всего, то обстоятельство, что мне надо было готовиться к предстоящим летним

вступительным экзаменам в университет, и я охотно поддерживал разговоры на научные темы с моим другом Куртом, который разделял мои интересы, а позже одно время думал даже стать инженером. Курт происходил из протестантской семьи кадровых офицеров, он был хороший спортсмен и надежный товарищ. Годом ранее, когда Мюнхен был окружен правительственными войсками и в наших семьях давно уже был съеден последний кусок хлеба, он, мой брат и я предприняли однажды совместную поездку в Гаршинг, прямо через боевые линии, и возвратились с рюкзаком, полным съестных припасов, хлеба, масла и сала. Подобные совместные переживания создают хорошую основу для безусловного доверия и веселого взаимопонимания. Сейчас, однако, дело шло об общих занятиях естественнонаучными вопросами. Я сообщил Курту, что натолкнулся в своем учебнике физики на рисунок, показавшийся мне совершенно нелепым. Там излагался типичный химический процесс, при котором два простых вещества сливаются в новое вещество, химическое соединение обоих. Например, из углерода и кислорода может образоваться углекислый газ. Наблюдаемые при подобных процессах закономерности, говорилось в учебнике, легче всего понять, если предположить, что мельчайшие частицы — атомы одного элемента смыкаются с частицами другого элемента в малые группы атомов, так называемые молекулы. Скажем, молекула углекислого газа состоит из одного атома углерода и двух атомов кислорода. Для наглядности в книге были нарисованы такие группы атомов. Чтобы объяснить далее, почему молекула углекислого газа образуется именно из одного атома углерода и двух атомов кислорода, автор рисунка снабдил атомы крючками и петлями, входившими в зацепление внутри молекулы. Мне это показалось совершенно нелепым. Крючки и петли, рассуждал я, это совершенно произвольные фигуры, которым, смотря по технической надобности, можно придать разнообразнейшие формы. Атомы же, как-никак, являются следствием природных законов, и те же природные законы заставляют их соединяться в молекулы. Тут, на мой взгляд, не было никакого места для произвола, а стало быть, и для столь произвольных форм, как крючки и петли.

Курт возразил: «Если не желаешь верить в крючки и петли, да и мне они кажутся весьма подозрительными, ты все-таки обязан прежде всего знать, какие опытные данные побудили автора рисунка изобразить их. Ведь сегодняшнее естествознание исходит из опыта, а не из каких-нибудь философских спекуляций, а с опытными данными надо считаться, если они надежны, т. е. добыты достаточно проверенным путем. Насколько я знаю, химики обнаружили, что элементарные составные части входят в химическое соединение всегда в строго определенных весовых пропорциях. Это уже достаточно странно. Ведь даже если верить в существование атомов, т. е. мельчайших частиц, особых для каждого химического элемента, то и тогда сил того рода, какие наблюдаются в природе, окажется недостаточно для объяснения, почему один атом углерода неизменно притягивает и привязывает к себе всегда только два атома кислорода. Если между

этими двумя видами атомов действует сила притяжения, то почему при случае не могут оказаться связанными три атома кислорода?»

— Возможно, атомы углерода или кислорода имеют такую форму, что связь одного с тремя невозможна уже по причине их пространственного расположения.

— Если так считать, а это звучит правдоподобно, то вот ты почти уже и вернулся к крючкам и петлям своего учебника. Вероятно, автор рисунка хотел ими выразить то самое, что ты сейчас сказал, ведь знать точную форму атомов он не может. Он нарисовал крючки и петли, чтобы наиболее доходчивым образом довести до твоего сведения, что внутренняя форма вещества допускает присоединение только двух, но не трех атомов кислорода к атому углерода.

— Прекрасно, тогда крючки и петли — нелепость. Но ты говоришь, что на основе природных законов, определяющих их существование, атомы должны иметь форму, в силу которой возникает их закономерная связь. Только форма эта нам с тобой пока неизвестна, да и автору рисунка тоже. Единственное, что мы, похоже, знаем об этой форме, — это именно вот то самое, что она как-то обеспечивает соединение двух, но не трех атомов кислорода с атомом углерода. Химики, как сказано в книге, изобрели для такого случая понятие «химическая валентность». Но следовало бы прежде всего выяснить, что оно такое — пустое слово или понятие, пригодное для употребления.

— Это, видимо, все же нечто большее, чем просто слово, ибо в атоме углерода четыре валентности, которые ему приписываются и каждая пара которых насыщает пару валентностей одного атома кислорода, имеют какое-то отношение к форме тетраэдра, возможно, присущей этому атому. Выходит, за «валентностью» явно кроется какое-то более определенное эмпирическое знание о формах атома, чем то, которым мы сейчас располагаем.

Тут в разговор вмешался Роберт, который до тех пор шел рядом с нами молча, но явно прислушиваясь к нашим словам. У Роберта было худое, но волевое лицо, обрамленное совершенно темными длинными волосами, и на первый взгляд он казался несколько замкнутым. Он лишь изредка вступал в легкую болтовню, обычно сопровождавшую подобные походы, но когда вечером в палатке шло чтение вслух или перед обедом надо было прочесть стихотворение, мы обращались к нему, потому что он лучше всех нас был знаком с немецкой поэзией и даже с философской литературой. Он читал стихи без всякого пафоса, без каких-либо риторических приемов, но так, что содержание стихотворения доходило до самых прозаических натур среди нас. Его манера говорить, сосредоточенное спокойствие его формулировок заставляли прислушиваться к нему, и его слова имели, казалось, больше веса, чем у других. Мы знали также, что помимо школьных занятий он изучает философские книги. Роберт был недоволен нашей беседой.

— Вы, идолопоклонники науки, — сказал он, — всегда легкомысленно апеллируете к опыту, воображая, будто надежно держи-

тесь тут за достоверную истину. Но если вдуматься, что же на деле происходит в опыте, то эта ваша уверенность покажется крайне сомнительной. Все, что вы говорите, идет от ваших мыслей, только они непосредственно известны вам, но ведь вещи устроены не по вашим мыслям. Мы не можем воспринять вещи непосредственно, мы должны сперва превратить их в представления, а потом построить из них понятия. При чувственном восприятии на нас устремляется извне довольно-таки хаотическая смесь совершенно разнородных впечатлений, которым не присущи непосредственно формы или качества, воспринимаемые нами, по сути дела, задним числом. Когда мы разглядываем, например, квадрат на листе бумаги, то ни на сетчатке нашего глаза, ни в нервных клетках мозга не появляется ничего похожего на квадрат. Мы бессознательно упорядочиваем чувственные впечатления работой ума, неизбежно превращая их совокупность в то или иное представление, в связный, «осмысленный» образ. Только благодаря этому превращению, этому соупорядочению единичных впечатлений в нечто «понятное» наши ощущения превращаются в «восприятия». Так что надо сперва разобраться, откуда являются образы нашего представления, как они оформляются в понятия и в каком отношении стоят к вещам, а потом уже так уверенно судить о данных опыта. Ибо представления явно предшествуют всякому опыту, они являются предпосылкой опыта.

— А разве представления, которые ты хочешь так резко отделить от объекта восприятия, сами не идут в конечном счете опять же из опыта? Ну, скажем, не так прямо, как может подумать наивный человек, а хотя бы опосредованно, скажем, за счет частого повторения аналогичных групп чувственных впечатлений или за счет связи между показаниями различных органов чувств?

— Это вовсе не кажется мне ни достоверным, ни хотя бы просто сколько-нибудь убедительным. В последнее время я изучаю сочинения философа Мальбранша, и мне встретилось у него одно место, относящееся прямо к нашей проблеме. Мальбранш различает в целом три возможности возникновения представлений. Первая — та, которую ты только что упомянул: предметы через впечатления органов чувств непосредственно порождают представления в человеческой душе. Эту теорию Мальбранш отвергает, поскольку чувственные впечатления качественно отличаются как от вещей, так и от соответствующих им представлений. Вторая возможность: человеческая душа изначально обладает представлениями или, по крайней мере, способностью к самостоятельному образованию представлений. В этом случае чувственные впечатления либо просто напоминают ей об уже имеющихся у нее представлениях, либо побуждают ее своими силами сформировать их. Третья возможность — и Мальбранш решает в ее пользу: человеческая душа причастна божественному разуму. Она связана с Богом, и от Бога же ей дана способность представления, даны образы или идеи, в свете которых она упорядочивает и понятийно расчленяет многообразие чувственных впечатлений¹.

Этим оказался в свою очередь совершенно недоволен Курт: «У вас, философов, всегда наготове теология, и при малейшем затруднении вы выпускаете на сцену великого Неизвестного, который, так сказать, с порога разрешает все вопросы. Но здесь я выхожу из положения таким путем не хочу. Раз уж ты поставил этот вопрос, то я хочу знать, как человеческая душа приходит к своим представлениям, причем в нашем мире, а не в потустороннем. Ведь душа и ее представления существуют все-таки в нашем мире. Если ты не хочешь признать, что представления сами собой возникают из опыта, то должен объяснить, каким же образом они изначально приданы человеческой душе. Может быть, они или хотя бы способность к их образованию — а ведь ребенок приобретает опыт в мире уже с их помощью — каким-то образом даны нам от рождения? Если ты собираешься это утверждать, то мы окажемся недалеко от мысли, что представления опираются на опыт прежних поколений, а для меня не так уж существенно, идет ли речь о нашем теперешнем опыте или об опыте прошедших поколений».

— Нет, — отвечал Роберт, — я так, разумеется, не считаю. Во-первых, крайне сомнительно, чтобы приобретенное знание, т. е. результат опыта, вообще передавалось по наследству. Во-вторых, то, что имеет в виду Мальбранш, можно вполне выразить и без теологии, чтобы было понятнее вашей нынешней науке. Попытаюсь это сделать. Мальбранш мог бы сказать примерно так: те же самые упорядочивающие тенденции, которые дают о себе знать в зримом порядке мира, в законах природы, в возникновении химических элементов с их свойствами, в образовании кристаллов, порождении жизни и во всем прочем, действовали также и при возникновении человеческой души и продолжают действовать в ней. Ими вызвано соответствие наших представлений вещам и обеспечена возможность понятийного членения. Они ответственны за все те реально существующие структуры, которые оказываются разделенными на объект — вещь и на субъект — представление лишь тогда, когда мы рассматриваем их с нашей человеческой точки зрения, фиксируем их в нашей мысли. Со столь удобным для вашего естествознания взглядом, будто всякое представление опирается на опыт, этот тезис Мальбранша имеет то общее, что способность к образованию представлений в ходе эволюции сформировалась, возможно, благодаря взаимодействию организмов с внешним миром. Но Мальбранш подчеркивает в то же время, что соответствия подобного рода не могут быть объяснены просто цепью конкретных причинно-следственных процессов и что поэтому здесь — как при возникновении кристаллов или живых существ — действуют универсальные структуры скорее морфологического характера, которые не удастся достаточным образом объяснить при помощи парной пары «причина и следствие». Так что вопрос, предшествовал ли представлению опыт, не намного разумнее, чем древний вопрос о том, курица ли была раньше яйца или наоборот.

Впрочем, я не собирался мешать вашей беседе об атомах. Я хотел только предостеречь вас от того, чтобы так запросто говорить об опы-

те применительно к атомам; ибо все-таки может оказаться, что атомы, которые ведь нельзя наблюдать непосредственно, тоже не просто вещи, а моменты более фундаментальных структур, в отношении которых нет уже никакого смысла говорить отдельно о вещи и ее представлении. Разумеется, нельзя принимать всерьез крючки и петли в твоём учебнике, да, наверное, и любые изображения атомов, какие время от времени встречаешь в популярных брошюрах. Эти картинки, призванные облегчить понимание, лишь еще больше запутывают проблему. По-моему, с понятием «форма атомов», упомянутым тобой выше, надо быть крайне осторожным. Только если взять слово «форма» очень широко, а не просто пространственно, когда оно означает немногим более, чем, скажем, употребленное мною сейчас слово «структура», — только тогда я бы мог отчасти примириться с этим понятием.

Этот поворот нашей беседы внезапно напомнил мне об одной книге, которая меня захватила и приковала к себе год назад, оставшись для меня тогда в важных местах совершенно непонятной. Это был платоновский диалог «Тимей», в котором философ говорит, между прочим, о мельчайших частицах материи. Из слов Роберта мне впервые, пусть пока и в очень туманном виде, стало понятно, как вообще можно прийти к таким странным мысленным конструкциям относительно мельчайших частиц, какие я нашел в платоновском «Тимее»². Не то чтобы эти конструкции, которые я сперва счел совершенно абсурдными, теперь вдруг показались мне вполне приемлемыми; но я впервые увидел перед собой тот путь, который хотя бы в принципе мог привести к подобным конструкциям.

Чтобы объяснить, почему память о чтении «Тимея» очень много значила для меня в тот момент, надо вкратце сказать о примечательных обстоятельствах, при которых происходило это чтение. Весной 1919 г. ситуация в Мюнхене была довольно-таки хаотической. На улицах стреляли, хотя не было в точности известно, кто с кем борется. Власть попеременно захватывали лица и организации, едва известные по именам. Из-за мародерства и грабежей, которые однажды коснулись и меня, выражение «Советская республика» начинало кое-кому казаться синонимом отсутствия правопорядка. Когда в конце концов вне Мюнхена сформировалось новое баварское правительство, направившее свои войска для захвата Мюнхена, мы все стали надеяться на восстановление упорядоченного положения дел. Отец товарища, которому я ранее помогал с домашними заданиями, взял на себя командование ротой добровольцев, желавших принять участие в захвате города. Он потребовал, чтобы мы, т. е. полувзрослые друзья его сына, помогали вступающим войскам как знающие город вестовые. Так получилось, что мы оказались приписаны к штабу, который носил название Второго командования кавалерийских стрелков и расквартировался на Людвигштрассе в здании семинарии, напротив университета. Здесь-то я проходил службу, или, точнее, здесь все мы вели очень вольную жизнь, полную приключений; от школы нас освободили, как уже часто бывало и раньше, и мы спешили вос-

пользоваться свободой, чтобы узнать мир с новых сторон. Именно здесь в основном сложился круг тех друзей, с которыми год спустя я отправился в поход по холмам вдоль Штарнбергер-Зее. Правда, эта авантюрная жизнь продолжалась лишь несколько недель. Когда бои стихли и служба стала монотонной, часто случалось так, что после ночи дежурства на телефонном узле я с восходом солнца не имел уже никаких обязанностей.

Чтобы снова понемногу подготовиться к школе, я уединялся на крыше семинарии с нашим греческим школьным изданием платоновских диалогов в руках. Там, улегшись в кровельном лотке, прогреваемый лучами утреннего солнца, я мог в полном покое продолжать свои занятия, следя между тем за пробуждающейся жизнью на Людвигштрассе. В одно такое утро, когда свет восходящего солнца уже озарил университетское здание и фонтан перед ним, я набрел на диалог «Тимей», причем как раз на то место, где говорится о мельчайших частицах материи. Возможно, вначале это место захватило меня только потому, что оно было трудно для перевода или потому, что там говорилось о математических вещах, которые меня всегда интересовали. Я теперь уже не могу сказать, почему я с особым упорством сосредоточил свои усилия именно на тех страницах. Но то, что я там читал, представлялось мне совершенно абсурдным. Там утверждалось, что мельчайшие частицы материи образованы из прямоугольных треугольников, которые, попарно соединяясь в равносторонние треугольники или квадраты, составляют правильные стереометрические тела — куб, тетраэдр, октаэдр и икосаэдр. Эти четыре тела якобы являются исходными элементами четырех стихий — земли, огня, воды и воздуха. Причем мне оставалось неясно, то ли эти правильные объемные тела сопоставлены с элементами на правах символов, так что, скажем, куб, соответствующий земле, изображает прочность, неподвижность этого элемента, то ли действительно мельчайшие частицы земли должны иметь реально форму куба³. Подобные представления я воспринял как безудержные спекуляции, извинимые разве что недостатком необходимых эмпирических знаний в Древней Греции. Но меня крайне беспокоило, что такой способный к критической остроте мысли философ, как Платон, опускается до спекуляций подобного рода. Я попытался отыскать какие-то мыслительные подходы, с которых платоновские рассуждения могли бы стать понятнее. Однако не мог найти ничего, что хотя бы отдаленно указывало на такую возможность. При всем том идея, что в мельчайших частицах материи мы рано или поздно наталкиваемся на математические формы, имела для меня известную притягательность. В самом деле, понимание почти безнадежно запутанной и необозримо обширной ткани природных явлений, думал я, вообще возможно лишь в случае, если мы открываем в ней математические формы. Хотя на каком основании Платон пришел тут именно к правильным телам стереометрии, оставалось мне совершенно непонятным. Я не видел в них никакой объяснительной ценности. Так что впредь я продолжал чтение платоновского диалога лишь с целью освежить свои познания в дре-

негреческом языке. Но беспокойство осталось. Важнейшим результатом того чтения явилась, пожалуй, убежденность, что если мы хотим понять материальный мир, то должны знать что-то о его мельчайших частях. Из школьных учебников и популярных книжек мне было известно, что современная наука тоже ведет исследование атома. Может, и мне удастся со временем проникнуть в этот странный мир.

Беспокойство осталось и стало для меня частью того общего волнения, которое охватило немецкую молодежь. Если философ ранга Платона думал, что видит в природных явлениях упорядоченность, которая теперь для нас утрачена или недоступна, то каково тогда вообще значение слова «порядок»? Неужели порядок и его понимание привязаны к определенной эпохе? Мы выросли в мире, который казался хорошо упорядоченным. Наши родители обучали нас гражданским добродетелям, которые были предпосылкой сохранения существовавшего порядка. Что порой необходимо жертвовать даже собственной жизнью ради упорядоченного государственного бытия — это знали уже греки и римляне, здесь не было ничего особенного. Смерть многих друзей и родных показала нам, что так устроен мир; однако теперь многие говорили, что война была преступлением, причем преступлением именно тех правящих слоев, которые ощущали себя ответственными прежде всего за поддержание старого европейского порядка и верили в свой долг отстаивать его, даже когда он вступал в конфликт с другими устремлениями. Теперь старая структура Европы распалась в результате нашего поражения. Здесь тоже не было ничего особенного. Где есть войны, там должны быть и поражения. Но поставлены ли старые структуры тем самым принципиально под вопрос? Не в том ли задача, чтобы просто построить из обломков новый, более прочный порядок? Или правы те, кто на улицах Мюнхена жертвовал своей жизнью ради того, чтобы помешать возврату порядка в старом стиле и вместо этого провозгласить такой будущий порядок, который охватил бы уже не одну только нацию, но целое человечество, — хотя вне Германии это человечество в своем большинстве, возможно, и не помышляло о построении такого порядка? В головах молодых людей эти вопросы производили сумятицу, а взрослые уже не могли предложить нам никаких ответов.

На период между чтением «Тимея» и походом по холмам вдоль Штарнбергер-Зее пришло еще одно переживание, которое оказало значительное воздействие на весь мой последующий образ мыслей и о котором необходимо рассказать, прежде чем снова вернуться к беседе о мире атомов. Через несколько месяцев после захвата Мюнхена войска снова вышли из города. Мы ходили в школу, как и прежде, не слишком задумываясь о смысле наших поступков. Однажды после полудня на Леопольдштрассе ко мне обратился неизвестный мне молодой человек: «Ты уже знаешь о том, что на следующей неделе молодежь собирается в Пруннском замке? Мы все намереваемся поехать, и ты тоже должен. Всем надо поехать. Нам надо теперь самим обдумать, как все должно идти дальше». В его голосе звучало нечто

до тех пор мне совершенно незнакомое. И я решил поехать в замок Прунн. Курт пожелал меня сопровождать.

По железной дороге, которая действовала тогда еще очень нерегулярно, мы лишь за несколько часов добрались до низовьев долины Альтмюля. В ранние геологические эпохи она какое-то время была долиной Дуная. Альтмюль прорыл себе там извилистый путь через Франконскую Юру, и его живописная долина, почти как долина Рейна, окружена венцом старых замков. Последние километры до Прунского замка нам пришлось преодолеть пешком, и еще издали мы видели молодых людей, со всех сторон устремлявшихся к высокому замку, смело воздвигнутому над отвесным склоном скалы у края долины. Во дворе замка, посреди которого находился старый фонтан, собралась уже довольно большая толпа. В основном это были школьники, но были также и более взрослые молодые люди, успевшие побывать на фронте, пережившие все ужасы войны и вернувшиеся в мир, который полностью изменился. Говорилось много речей, пафос которых показался бы нам сегодня чуждым. Что нам важнее, судьба нашего народа или всего человечества; обесмыслена ли поражением жертвенная смерть павших; вправе ли молодежь сама строить свою жизнь в соответствии со своими собственными представлениями о ценностях; что весомее, верность себе или старые формы, веками упорядочивавшие жизнь людей, — обо всем этом говорили и спорили со страстью. Я слишком колебался по всем вопросам, чтобы принять участие в этих дебатах, но вслушивался в них снова и снова, задумываясь о значении понятия «порядок». Разноголосица в содержании речей говорила, как мне казалось, о том, что даже верные идеи порядка могут столкнуться между собой и что тогда сама их борьба создаст нечто противоположное порядку. Правда, думал я, к такому результату приводит лишь столкновение частичных порядков, фрагментов, оторвавшихся от связи с центральным порядком и хотя еще не утративших свою созидательную силу, но уже упустивших ориентацию на единое средоточие. Отсутствие этого действенного средоточия ощущалось мною тем острее и мучительнее, чем дольше я слушал ораторов; я почти физически страдал от этого, понимая, однако, что сам не в силах выбраться из дебрей противоборствующих стремлений к спасительному средоточию. Проходили часы, а речи продолжались, порождая все новые и новые споры. Тени во дворе замка становились длиннее, и, наконец, жаркий день сменился сероголубыми сумерками и светлой лунной ночью. Еще какое-то время говорили, но потом вверху на балконе, выходящем во двор, появился молодой человек со скрипкой, и, когда все стихли, над нами зазвучали величественные ре-минорные аккорды «Чаконы» Баха. И сразу же та связь с единым средоточием была самым ощутимым образом восстановлена. Залитая лунным светом долина Альтмюля под нами сама могла служить достаточной причиной для романтической завороченности; но дело было все же не в ней. Светлые фигуры «Чаконы» были как свежий ветер, развеявший туман и позволивший увидеть за ним четкие структуры. Стало быть, говорить о едином средоточии все-таки

можно, *было* можно во все времена, при Платоне и при Бахе, на языке музыки, философии или религии, а значит непременно возможно также и теперь, и в будущем. Таким было то переживание.

Остаток ночи мы провели у костров и в палатках на лесном лугу над замком, где нашлось место и для Эйхендорфовой романтики. Молодой скрипач, оказавшийся уже студентом, подсев к нашей группе, играл менуэты Моцарта и Бетховена, чередуя их со старыми народными песнями, а я пытался аккомпанировать ему на своей гитаре. Он оказался, ко всему прочему, веселым парнем, явно не настроенным выслушивать комплименты о торжественности своего исполнения баховской «Чаканы». Когда ему все-таки пришлось их выслушать, он спросил в ответ: «А ты знаешь, в какой тональности играли иерихонские трубы?» — «Нет». — «Естественно, в ре-миноре!» — «Почему это?» — «Потому что они *ре-минировали* стены Иерихона!» От нашего возмущения таким каламбуром ему удалось скрыться только быстрым бегством.

Но и та ночь погрузилась в полумрак воспоминаний, и теперь мы шли горной тропой над Штарнбергер-Зее и рассуждали об атомах. Замечание Роберта о Мальбранше сделало для меня ясным, что наше опытное познание атома может быть лишь косвенным и что атомы, возможно, вовсе не вещи. Платон в «Тимее» тоже имел в виду явно это, и только так можно было хотя бы отчасти примириться с его последующими рассуждениями о геометрически правильных телах. Хотя современное естествознание и говорит о формах атомов, слово «форма» здесь мыслится только в его наиболее общем значении: как пространственно-временная структура, как свойство симметрии сил, как способность образовывать связи с другими атомами. Для наглядного описания подобные структуры, пожалуй, никогда не станут доступными уже потому, что их принадлежность к объективному миру вещей не так уже несомненна. Но для математического рассмотрения они, пожалуй, должны быть доступны.

Мне захотелось поэтому лучше понять философскую сторону проблемы атома, и я рассказал Роберту о задевшем меня месте из платоновского «Тимея». Затем я спросил его, согласен ли он вообще с мнением, что все материальные вещи состоят из атомов и что существуют мельчайшие частицы, эти самые атомы, на которые в конечном счете можно разложить всю материю. У меня сложилось впечатление, что он очень скептически относится ко всей системе понятий об атомарной структуре материи.

Он подтвердил мою догадку. «Мне чужда вся эта проблематика, так далеко уводящая нас от непосредственного мира наших переживаний. Мир человека или мир морей и лесов мне ближе, чем атом. Но, конечно, всякий имеет право спросить, что произойдет, если попытаться без конца делить материю, точно так же как он имеет право спросить, населены ли сверхдалекие звезды и их планеты живыми существами. Для меня подобные вопросы не представляют интереса; пожалуй, мне даже не хотелось бы знать ответы на них. По-моему, в нашем мире есть задачи важнее, чем постановка таких вопросов».

Я отвечал: «Не хочу заводить с тобой тяжбу о важности различных задач. Меня всегда интересовало естествознание. Я знаю, что многие серьезные люди трудятся над тем, чтобы больше узнать о природе и ее законах. Может быть, успех их работы окажется важным и для человеческого сообщества, но речь сейчас не о том. Меня беспокоит вот что: создается впечатление, и Курт уже об этом говорил, как будто бы современное развитие естествознания и техники подвело вплотную к ступени, когда можно будет непосредственно видеть единичные атомы или, по крайней мере, их действия, т. е. когда с атомами уже можно будет экспериментировать. Нам еще мало что тут известно, потому что мы этого не изучали, но если дело обстоит таким образом, как это соотносится с твоими воззрениями? Что бы ты мог сказать с точки зрения твоего философа Мальбранша?»

— Я, во всяком случае, ожидал бы, что атомы ведут себя совершенно иначе, чем предметы повседневного опыта. Я мог бы представить себе, что при попытке все более дробного деления мы встретимся с нерегулярностями, позволяющими сделать вывод о зернистой структуре материи. Но я склонен думать, что образования, с которыми мы тогда будем иметь дело, будут ускользать от объективной фиксации в представимых образах, что они окажутся скорее способом абстрактного выражения природных законов, но вовсе не вещами.

— А если их можно непосредственно увидеть?

— Мы никогда не сможем увидеть сами атомы, только их действие.

— Это плохая увертка. Ведь и со всеми другими вещами все обстоит точно так же. Видя кошку, например, ты всегда видишь только отраженные от ее тела световые лучи, т. е. действие ее тела, но никогда не саму кошку; и когда ты гладишь ее, принципиального различия все равно нет.

— Как сказать! Тут я не могу с тобой согласиться. Кошку я могу видеть непосредственно: ведь здесь я могу, даже должен превращать чувственные впечатления в представление. У всякой кошки есть и то, и другое: объективная и субъективная стороны — кошка как предмет и как представление. Но с атомом иное дело. Здесь представление и предмет уже не могут быть разделены просто потому, что в атоме, собственно, уже нет этих двух сторон.

Здесь в разговор снова вмешался Курт: «Для меня ваши речи слишком заумны. Вы тонете в философских спекуляциях, когда следовало бы просто обратиться к опыту. Возможно, занявшись наукой, мы когда-нибудь сами встанем перед задачей экспериментирования с атомами или над атомами; тогда-то мы увидим, что они такое. Скорее всего, мы узнаем, что они ровно настолько же действительны и реальны, как все другие вещи, с которыми можно экспериментировать. Если все материальные вещи действительно состоят из атомов, то и сами атомы точно так же действительны и реальны, как материальные вещи».

— Нет,— возразил Роберт,— этот довод мне кажется крайне сомнительным. Ты мог бы с равным успехом сказать: раз все живые существа состоят из атомов, значит — атомы такие же живые, как и эти существа. Но это явная нелепость. Видимо, только соединение многих атомов в более крупные образования придает этим образованиям те качества, те свойства, которые и отличают их как подобные образования, или вещи.

— Ты, стало быть, думаешь, что атомы — не действительность, не реальность?

— Опять ты преувеличиваешь! Возможно, вся речь-то тут идет не о том, что мы знаем об атомах, а совсем о другом: что же в конце концов означают такие слова, как «действительность» или «реальность». Ты вот вспоминал о платоновском «Тимее» и сказал, что Платон отождествляет мельчайшие частицы с математическими формами, правильными телами. Пусть это неверно, поскольку у Платона не было никакого опыта относительно атомов, но все-таки почему бы не допустить на минуту такую возможность. Назовешь ли ты подобные математические формы «действительными» или «реальными»? Если они — выражение природных законов, т. е. выражение центрального порядка, присущего материальным процессам, то и следовало бы назвать их действительными, раз они воздействуют на происходящее, но нельзя назвать их «реальными», потому что они не могут быть описаны как *res*, наподобие вещей. Суть в том, что здесь мы уже по-настоящему не знаем, как именно надо применять слова, и ничего удивительного в том нет, ведь мы очень далеко ушли от области нашего непосредственного опыта, в которой в доисторические времена образовался наш язык.

Курт был все еще не вполне удовлетворен направленностью разговора и заметил: «Я со спокойной душой предоставил бы и эти вопросы решать опыту. У меня не укладывается в голове, как человеческого воображения может хватить на то, чтобы угадывать природу мельчайших частиц материи, не проникнув сперва экспериментально в мир этих мельчайших частиц. Лишь после добросовестного и непредвзятого изучения может возникнуть подлинное понимание. Поэтому я скептически отношусь к слишком детальным философским дискуссиям о таком трудном предмете. На таком пути очень легко закрепляются мыслительные предрассудки, мешающие последующему пониманию, вместо того чтобы облегчать его. И надеюсь, что в будущем атомами станут заниматься прежде всего ученые, а уже потом — философы».

К тому моменту терпение остальных спутников, похоже, лопнуло. «Когда, вы, наконец, прекратите со своей несусветной белибердой, которую ни один человек не понимает? Если вы хотите подготовиться к экзаменам, то занимайтесь этим дома. А как насчет песни?» Тут же все запели, и светлый звон молодых голосов, цветы весенних лугов оказались реальнее, чем мысли об атомах, и развеяли сон, которому мы предались.

II. РЕШЕНИЕ ИЗУЧАТЬ ФИЗИКУ (1920)

Переход от школьных лет к учебе в университете был связан для меня с глубоким переломом. После похода по Франконии, куда, сдав экзамен на аттестат зрелости, мы отправились с группой тех же друзей, которые весной на Штарнбергер-Зее беседовали со мной о теории атома, я тяжело заболел, был вынужден много недель с высокой температурой пролежать в постели, да и в последующий период выздоровления долго еще оставался наедине со своими книгами. В эти критические месяцы мне под руки попала работа, содержание которой заворожило меня, хотя я понимал ее лишь наполовину. В этой книге, озаглавленной «Пространство, время, материя», математик Герман Вейль предлагал математическое описание принципов эйнштейновской теории относительности⁴. Разбор развернутых там сложных математических методов и стоящих за ними абстрактных мыслительных построений теории относительности увлек и растрожил меня. Упрочилось мое давно уже принятое решение и желание изучать в Мюнхенском университете математику.

В первые дни моего студенчества, однако, произошло еще одно странное и сбившее меня с толку событие, о котором надо вкратце рассказать. Мой отец, преподававший в Мюнхенском университете средне- и новогреческий языки, устроил мне встречу с профессором математики Фердинандом фон Линдеманом, который прославился окончательным математическим решением древней проблемы квадратуры круга⁵. Я собирался просить у Линдемана разрешения посещать его семинар, поскольку воображал, что мои дополнительные занятия математикой в школьные годы достаточно меня подготовили для такого семинара. Линдеман, занимавший также должность в управлении высшими учебными заведениями, принял меня на первом этаже университетского здания в темном, до странности старомодно обставленном кабинете, который чопорностью своей мебелировки вызвал во мне несколько гнетущие ощущения. Прежде чем заговорить с профессором, не сразу поднявшимся мне навстречу, я заметил на его письменном столе приютившуюся рядом с его рукой крошечную собачку черной масти, которая мне в таком окружении сразу невольно напомнила пуделя в рабочем кабинете Фауста.

Темное четвероногое злобно смотрело на меня, явно считая проходимцем, намеревающимся нарушить покой своего хозяина. Порядком смутившись, я едва сумел, запинаясь, изложить свое дело и только тут, слушая себя, осознал, до чего нескромна моя просьба. Линдеман, пожилой господин с седой окладистой бородой, выглядевший несколько утомленным, тоже явно ощущал эту мою нескромность, и, наверное, охватившее его легкое раздражение явилось причиной того, что собачка на письменном столе вдруг начала ужасно лаять. Хозяин тщетно пытался ее успокоить. Крошечное животное распалось в своем гневе до яростного воя, приступы которого овладевали им все с новой силой, так что взаимопонимание делалось все более затруднительным. Вдобавок Линдеман спросил, какие именно книги я проштудировал за последнее время. Я назвал работу Вейля «Пространство, время, материя». Среди непрекращающегося воя маленького черного сторожевого Линдеман завершил нашу беседу словами: «Ну, значит, вы так или иначе уже погибли для математики». На том он со мной и расстался.

Из занятий математикой, таким образом, ничего не вышло. После печального совещания с моим отцом было принято решение рискнуть в области математической физики. Была устроена встреча с Зоммерфельдом, который представлял тогда в Мюнхенском университете теоретическую физику и считался одним из самых блестящих преподавателей высшей школы и другом молодежи. Зоммерфельд принял меня в светлом помещении, через окна которого были видны студенты, сидевшие на скамьях под большой акацией во дворе университета. Невысокий, приземистый человек несколько воинственного вида с темными усами производил сперва строгое впечатление. Но уже в первых его фразах мне послышалась природная доброта, благожелательность к молодому человеку, пришедшему искать руководства и совета. Снова речь зашла о моих внешкольных математических занятиях и о книге Вейля «Пространство, время, материя». Зоммерфельд реагировал совсем иначе, чем Линдеман: «У Вас слишком большие запросы,— заметил он.— Все-таки нельзя начинать с самого трудного в надежде, что более легкое само упадет вам в руки. Понимаю Вашу увлеченность проблематикой теории относительности; современная физика и в других областях тоже проникает в сферы, где под вопрос ставятся основные философские установки и где, стало быть, речь идет об открытиях самого волнующего рода. Но путь к ним длиннее, чем Вы сейчас себе представляете. Вы должны начать со скромной, тщательной работы в области традиционной физики. И, между прочим, если уж Вы хотите заниматься физикой, то надо прежде всего сделать выбор, склоняетесь ли Вы к экспериментальной или к теоретической работе. Судя по Вашему рассказу, теория Вам, пожалуй, ближе. Однако не приходилось ли Вам в школе иметь дело с аппаратами и экспериментами?»

Я сказал, что да, и сообщил, что школьником с удовольствием мастерил небольшие приборы, моторы и индукционные искровые катушки. Но в целом мир приборов мне скорее чужд, и аккурат-

ность, необходимая при выполнении даже относительно маловажных измерений, дается мне явно с большим трудом.

— Однако Вам придется, даже занимаясь теорией, с крайней тщательностью работать над решением малых и на первый взгляд второстепенных задач. Если ведется дискуссия по таким крупным и философски значимым проблемам, как теория относительности Эйнштейна или квантовая теория Планка, то и для человека, пошедшего дальше первых начал, найдется много малых проблем, которые ждут решения и которые только в своей совокупности составят общую картину новооткрытой области.

— Но стоящие за всем этим философские вопросы интересуют меня, может быть, еще больше, чем отдельные малые задачи,— робко возразил я. Зоммерфельд это, однако, нисколько не обрадовало.

— Вы, наверное, знаете, что сказал Шиллер о Канте и его комментаторах: «Когда короли строят, у ломовых извозчиков много дела». Мы все первым делом ломовые извозчики! Но Вы скоро увидите, что Вам доставит радость тщательное и добросовестное исполнение такой работы, особенно если Вы еще и сделаете что-то толковое.

Зоммерфельд посоветовал мне, с чего начать занятия, и пообещал, что, возможно, уже очень скоро предложит мне небольшую задачку, касающуюся вопросов новейшей атомной теории, чтобы я испробовал на ней свои силы. Тем самым моя принадлежность к зоммерфельдовской школе на ближайшее время стала делом решенным.

Я еще долгое время жил под воздействием той первой беседы с ученым, по-настоящему разбиравшимся в современной физике, лично сделавшим важные открытия в смежной области между теорией относительности и квантовой теорией. Требование тщательности в мелочах было близко мне, потому что я в иной форме не раз слышал о нем и от своего отца. Но меня угнетало сознание, что я все еще так далек от области, которой принадлежали мои подлинные интересы. И тот первый разговор получил свое продолжение в нескольких моих последующих беседах с друзьями; мне особенно запала в память одна, касавшаяся места современной физики в движении современной культуры.

Со скрипачом, игравшем ночью в Прунском замке «Чакону» Баха, я часто встречался той осенью в доме нашего общего друга Вальтера, который был хорошим виолончелистом. Мы пытались сообща вникнуть в особенности классического трио и как раз в то время решили разучить к одному приближавшемуся празднику знаменитое трио си-бемоль-мажор Шуберта. Отец Вальтера рано умер, и его мать жила с двумя сыновьями в просторной и очень изысканно обставленной квартире на Элизабетштрассе, всего лишь в нескольких минутах ходьбы от моего родительского дома на Гогенцоллернштрассе, а прекрасный бехштейновский рояль в гостиной Вальтера еще больше усиливал для меня соблазн музицировать там. После совместной игры мы часто засиживались до поздней ночи, увлечен-

ные беседой. В один из таких вечеров зашла речь и о моих учебных планах. Мать Вальтера спросила меня, почему я не выбрал для себя карьеру музыканта: «От Вашей игры и от характера Ваших рассуждений о музыке у меня сложилось впечатление, что искусство ближе Вашему сердцу, чем естествознание и техника, что Вы, по существу, находите содержание этой музыки более прекрасным, чем ту мысль, которая выражает себя в аппаратах и формулах или в тонких технических устройствах. Если я права, то почему Вы хотите избрать естественные науки? Путь, по которому пойдет мир, в конечном счете определяется тем, что изберут молодые люди. Если молодежь сделает свой выбор в пользу прекрасного, в мире будет больше красоты; если она выберет полезное, будет больше полезного. Поэтому решение каждого человека значимо не только для него самого, но и для всего сообщества людей».

Я попытался защищаться: «Мне, правду сказать, не кажется, что мы стоим перед столь простым выбором. Ведь не говоря уже о том, что я скорее всего не смог бы стать особенно хорошим музыкантом, остается спросить, в какой области сегодня можно больше всего сделать, и вопрос этот затрагивает ситуацию в соответствующей области. Относительно музыки у меня складывается впечатление, что композиции последних лет не столь убедительны, как в прошлые эпохи. В XVII веке музыка еще в значительной мере определялась религиозной основой тогдашней жизни, в XVIII веке совершился переход в индивидуальный мир чувств, а романтическая музыка XIX века проникла в сокровенные глубины человеческой души. Но в последние годы музыка вошла в удивительно беспокойный и, возможно, несколько болезненный период экспериментирования, когда теоретические соображения приобрели большую роль, чем уверенное сознание движения вперед по предначертанному пути. В естествознании, и особенно в физике, все иначе. Тут движение по намеченному пути, ближайшей целью которого двадцать лет назад было понимание определенных явлений электромагнетизма, само собой привело к проблемам, затрагивающим философские принципы, структуру пространства и времени и сферу действия закона причинности. Здесь, мне кажется, открывается необозримый новый материк, и, может быть, поиски окончательных ответов потребуют тогда многих поколений физиков. И меня манит надежда тоже как-то участвовать в этом движении».

Наш друг Рольф, скрипач, не согласился со мной: «Разве то, что ты говоришь о современной физике, не относится в равной мере и к нашей сегодняшней музыке? Здесь тоже пути открыты. Старые рамки тональности преодолены, мы вступаем в новую землю, где нас ждет почти полная свобода в том, что касается звучаний и ритмов. Разве нельзя от этого ожидать такого же богатства, как и в твоём естествознании?»

У Вальтера, однако, были некоторые сомнения относительно такой аналогии. «Не думаю,— вставил он,— чтобы свобода в выборе выразительных средств и открытие плодотворной целины были не-

пременно равнозначными вещами. Действительно, поначалу кажется, будто большая свобода должна означать обогащение, расширение возможностей. Но в отношении искусства, которое мне ближе, чем наука, я этого никак признать не могу. Прогресс в искусстве совершается таким образом, что сначала долгий исторический процесс, изменяющий и преобразующий жизнь людей, причем отдельный человек не в состоянии тут что-либо заметно изменить, порождает новые содержания. Затем отдельные одаренные художники пытаются придать этим содержаниям зримый или слышимый облик, добываясь новых выразительных возможностей от материала, с которым они работают, от красок или от инструментов. Эта взаимная игра или — если угодно — эта борьба между выражаемым содержанием и ограниченностью выразительных средств есть, как мне кажется, необходимая предпосылка для возникновения настоящего искусства. Когда упраздняются все ограничения выразительных средств, когда, например, в музыке композитор получает право на создание любого звучания, то такой борьбы уже нет, напряжение художника уходит некоторым образом в пустоту. Поэтому я скептически отношусь ко всякой слишком большой свободе.

В естествознании, — продолжал Вальтер, — новая техника позволяет проводить все новые эксперименты и собирать новые данные, благодаря чему создаются новые содержания. Средствами выражения здесь служат понятия, с помощью которых новые содержания схватываются и осмысливаются. В популярных изложениях я прочел, например, что столь интересующая тебя теория относительности опирается на известные опытные данные, полученные на рубеже веков, когда ученые пытались доказать движение Земли в пространстве с помощью интерференции световых лучей. Когда это доказательство не удалось, было замечено, что новые данные, или, иначе говоря, новые содержания, делают необходимым расширение выразительных возможностей, т. е. понятийной системы физики. Вначале, наверное, никто не предвидел, что когда-то потребуются радикальные изменения столь фундаментальных понятий, как пространство и время. Но Эйнштейн сделал великое открытие, первым поняв, что в наших представлениях о пространстве и времени можно и должно что-то изменить.

Все, что ты говоришь о своей физике, я сравнил бы поэтому с развитием музыки в середине XVIII века. Тогда вследствие медленного исторического процесса в сознание эпохи вошел тот эмоциональный мир отдельного человека, который нам известен из Руссо или, позднее, из гётевского «Вертера», и великим классикам музыки — Гайдну, Моцарту, Бетховену, Шуберту — удалось благодаря расширению выразительных средств создать соответствующее воплощение для этого мира чувств. В нынешней музыке, наоборот, нового содержания, как мне кажется, что-то не слишком заметно или оно слишком неубедительно, тогда как избыток выразительных средств внушает прямо-таки тревогу. Путь сегодняшней музыки намечен в некотором смысле лишь негативно: надо отрешиться от старой то-

нальности потому, что, как принято считать, ее диапазон исчерпан, а не потому, что появилось более могучее новое содержание, уже не поддающееся выражению в старой системе. Но куда следует двигаться после отказа от тональности, относительно этого у музыкантов еще нет никакой ясности, тут существуют только пробы и попытки. В современном естествознании вопросы поставлены; задача в том, чтобы найти ответы. В современном искусстве сама постановка вопросов не ясна. Но не расскажешь ли ты подробнее о той новой земле, которую ты думаешь, что видишь перед собой в физике и в которую ты позднее хочешь отправиться путешественником-первооткрывателем?»

Я попробовал изложить собеседникам то небольшое, что успел усвоить из популярных книг по атомной физике и из того, что я прочел во время болезни.

— В теории относительности,— ответил я Вальтеру,— как названные тобою эксперименты, так и другие, явным образом с ними согласующиеся, побудили Эйнштейна отказаться от прежнего понятия одновременности. Уже одно это захватывающе интересно. В самом деле, каждый человек естественным образом думает, что прекрасно знает значение слова «одновременно», даже если оно относится к событиям, разыгрывающимся на больших космических расстояниях. Однако это его знание заведомо неточно. Если мы зададимся вопросом, каким способом можно установить одновременность подобных событий, и затем проанализируем все эти разнообразные способы с точки зрения их результатов, то получим от природы информацию, что ответ здесь неоднозначен, что он зависит от направления и скорости движения наблюдателя. Пространство и время, выходит, не столь независимы друг от друга, как считалось до сих пор. Эйнштейну удалось описать эту новую структуру пространства и времени в достаточно простой и замкнутой математической форме. За месяцы своей болезни я попытался, как мог, углубиться в этот математический мир. Но вся эта область, как я потом узнал от Зоммерфельда, уже в довольно значительной степени была развездана и тем самым перестала быть новой неизвестной землей.

Самые интригующие проблемы лежат теперь в другом направлении, а именно в теории атома. Здесь поднят принципиальный вопрос, почему в материальном мире мы снова и снова встречаем повторяющиеся формы и качества. Почему, например, такая жидкость, как вода, воссоздает себя каждый раз со всеми своими характерными свойствами, будь то при таянии льда, или при конденсации водяных паров, или при сгорании водорода. Прежняя физика всегда опиралась на этот факт, не понимая его. Если считать, что материальные тела, скажем вода, составлены из атомов — и химия с успехом использует это представление,— то нет никакой возможности объяснить движение мельчайших частиц со столь высокой степенью устойчивости теми законами движения, которые мы изучали в школе под названием ньютоновской механики. Здесь должны поэтому действовать природные законы совершенно иного рода,

заставляющие атомы каждый раз структурироваться и двигаться совершенно одинаковым образом, так что при любом способе своего возникновения вещество имеет одни и те же стабильные свойства. Первые контуры этих новых природных законов, по-видимому, установлены двадцать лет назад Планком в его квантовой теории⁶, а датский физик Бор привел⁷ идеи Планка в связь с теми представлениями о структуре атома, которые разработал в Англии Резерфорд⁸. Бор сумел, таким образом, впервые пролить свет на ту удивительную стабильность в мире атома, о которой я только что говорил. Однако во всей этой области, как считает Зоммерфельд, мы еще очень далеки от ясного понимания ситуации. Здесь открывается громадный неисследованный материал, где, может быть, хватит открытий на десятилетия. Скажем, при условии верной формулировки новых природных законов окажется возможным свести всю химию в конечном счете к атомной физике. Все дело в том, чтобы отыскать правильные новые понятия, позволяющие ориентироваться в новой области. Поэтому я считаю, что сегодня мы в атомной физике идем по следу более важных закономерностей, более важных структур, чем в музыке. Но охотно признаю, что 150 лет назад дело обстоит совсем наоборот.

— Ты, стало быть, полагаешь,— отвечал Вальтер,— что человек, желающий участвовать в решении духовных задач своей эпохи, ограничен возможностями, уготованными историческим развитием для данной конкретной эпохи? Выходит, если бы Моцарт родился в наше время, он тоже мог бы писать только атональную экспериментальную музыку, как наши сегодняшние композиторы?

— Да, думаю, что так. Если бы Эйнштейн жил в XII веке, он, наверное, не смог бы сделать никаких важных естественнонаучных открытий.

— Между прочим, едва ли позволительно,— вставила мать Вальтера,— сразу думать только о великих фигурах, как Моцарт или Эйнштейн. Лишь немногие личности имеют возможность играть столь решающую роль. Большинству из нас, однако, приходится мириться с необходимостью скромной работы в узком кругу и здесь-то как раз и следовало бы подумать, не прекраснее ли играть си-бемоль-мажорное трио Шуберта, чем строить какие-то аппараты или писать математические формулы.

Я подтвердил, что и мне приходили в голову сомнения того же рода, и рассказал о своем разговоре с Зоммерфельдом и о том, как мой будущий учитель цитировал изречение Шиллера: «Когда строят короли, у ломовых извозчиков много забот».

Рольф заметил: «Здесь мы, разумеется, все равны. Музыкант тоже должен сначала вложить бесконечно большую работу в одно только техническое овладение инструментом, и даже после этого ему не остается ничего другого, как снова и снова играть пьесы, которые уже исполнялись сотней других музыкантов еще лучше. И тебе, изучая физику, прежде всего придется подолгу и не жалея сил работать над созданием приборов, уже созданных другими, разби-

ратся в математических выкладках, уже продуманных со всей отчетливостью другими. При всем этом у нас, музыкантов, коль скоро мы относимся к разряду ломовых извозчиков, остается все же постоянное общение с великолепной музыкой и временами радость оттого, что какое-то исполнение удалось нам особенно хорошо. А вам время от времени будет удаваться понять какую-то структуру несколько лучше, чем ранее, или добиться большей точности измерений, чем вашим предшественникам. Не приходится со слишком большой надеждой рассчитывать на участие в чем-то принципиально более важном, на первенство в каком-то решающем направлении,— даже если работаешь в новой области, где есть еще много неразведанных земель».

Мать Вальтера, задумчиво прислушивавшаяся к нам, заговорила теперь больше сама с собой, чем с нами, словно ее мысли складывались по мере того, как она высказывала их: «Притча о королях и ломовых извозчиках, пожалуй, всегда ложно истолковывается. Нам, естественно, должно казаться так, будто весь блеск действия исходит от королей, а работа ломовых извозчиков — лишь маловажное приложение. Но, может быть, все как раз наоборот. Может быть, блеск королей, по существу, держится на работе ломовых извозчиков; он вообще только в том и состоит, что ломовые извозчики получают на долгие годы свою трудную работу, но вместе с нею также и радость от нее и успех в ней. Может быть, титаны, как Бах и Моцарт, только потому кажутся нам королями музыки, что они вот уже двести лет дают возможность множеству менее выдающихся музыкантов любовно и добросовестно воссоздавать их мысли, заново интерпретировать их и доводить до понимания слушателей. Да и слушатели принимают участие в работе заботливого воссоздания и интерпретации, осмысливая те содержания, которые были вложены в свои творения великими музыкантами. Если смотреть с точки зрения исторического развития — и, по-моему, тут между искусством и наукой не может быть больших различий,— то в каждой дисциплине обязательно бывают долгие периоды покоя или очень медленного роста. В эти периоды главной задачей оказывается добросовестная, проникнутая вниманием к деталям работа. Да, впрочем, ведь и вообще все, сделанное не в полную силу, так или иначе оказывается забытым и не заслуживает упоминания. Но потом этот медленный процесс, в ходе которого со сменой эпох меняется и содержание соответствующих дисциплин, вдруг, причем часто вполне неожиданно, создает новые возможности, новые содержания. Великие дарования вызываются к жизни этим сдвигом, этой наметившейся энергией роста, и получается так, что за немногие десятилетия в пределах узкого пространства создаются наиболее значительные произведения искусства или делаются научные открытия огромной важности. Так, во второй половине XVIII века возникла классическая музыка в Вене, а в XV и XVI веках — живопись в Нидерландах. Великие таланты, конечно, наделяют новое духовное содержание внешним воплощением, создают совершенные формы, в которых происходит дальней-

шее развитие; но не они сами, строго говоря, производят новое содержание.

Не исключено, разумеется, что мы стоим сейчас на пороге новой, весьма плодотворной научной эпохи и что в таком случае станет трудно удерживать молодых людей от желания принять в ней участие. Да и, кроме того, невозможно требовать, чтобы в одно и то же время значительные события происходили сразу во многих искусствах и науках; надо быть благодарным, если это происходит хотя бы в одной области, лишь бы нам было дано непосредственно участвовать в событиях, будь то в роли наблюдателей или активных деятелей. Большого не приходится ожидать. Поэтому я нахожу несправедливым часто раздающиеся упреки в адрес современного искусства, современной живописи или современной музыки. После великих задач, которые встали перед музыкой или перед изобразительными искусствами в XVIII и XIX веках и которые теперь уже разрешены, должна была наступить более спокойная эпоха, когда старое сберегается, а новое способно делать пока только робкие пробные шаги. Было бы несправедливо сравнивать то, что удается сконструировать теперешней музыке, с созданиями великой эпохи классической музыки. Но, быть может, мы закончим вечер тем, что вы еще раз попытаете сыграть нам медленную часть шубертовского си-бемоль-мажорного трио; сыграть так хорошо, как вы это умеете».

Так мы и сделали; и по тому, каким образом Рольф во второй части этой пьесы извлекал из своей скрипки довольно-таки меланхолические до-мажорные созвучия, можно было почувствовать, какой печалью отозвались в нем наши мысли об окончательном закате великой эпохи европейской музыки.

Несколько дней спустя, войдя в университетскую аудиторию, где Зоммерфельд обычно читал свои лекции, я обнаружил в третьем ряду темноволосого студента с неуловимым, несколько замкнутым выражением лица, который обратил на себя мое внимание еще в кабинете для семинарских занятий сразу после моего первого разговора с Зоммерфельдом. Зоммерфельд познакомил меня с ним, а затем на прощание добавил, что считает этого студента одним из своих наиболее одаренных учеников, у которого я могу многому научиться. Если я чего не понимаю в физике, то должен просто обратиться к нему. Его имя было Вольфганг Паули, и во все последующее время, до самой своей смерти, он исполнял для меня и для дела, которое я пытался делать в науке, роль всегда желанного, хотя зачастую и очень резкого критика и друга. Итак, я занял место рядом с ним и попросил его дать мне после лекции еще несколько рекомендаций относительно моих будущих занятий. Тут Зоммерфельд вошел в аудиторию, и пока он произносил первые фразы своей лекции, Вольфганг успел прошептать мне на ухо: «Правда, он похож на старого гусарского полковника?» Когда после лекции мы вернулись в кабинет семинарских занятий института теоретической физики, я задал Вольфгангу по существу два вопроса. Я хотел знать, в какой мере обязан обладать искусством экспериментиро-

вания человек, собирающийся в основном заниматься все-таки теорией, и насколько важной Вольфганг считает в сегодняшней физике теорию относительности по сравнению с атомной теорией. На первый вопрос Вольфганг отвечал так: «Я знаю: Зоммерфельд во что бы то ни стало хочет немного обучить нас экспериментированию, но сам я к нему явно не способен; возня с аппаратурой мне вообще не по душе. Я отчетливо понимаю, что вся физика основывается на экспериментальных результатах, но когда эти результаты получены, то для большинства физиков-экспериментаторов физика, по крайней мере сегодняшняя физика, оказывается слишком трудным предметом. Так получается потому, что с техническими средствами перешней экспериментальной физики мы вторгаемся в области природы, которые уже не могут быть надлежащим образом описаны в понятиях повседневной жизни. Мы вынуждены поэтому прибегать к абстрактному математическому языку, а тут без основательной подготовки в области современной математики не обойтись. Так что поневоле приходится ограничить себя и специализироваться в чем-то одном. Мне легко дается абстрактный математический язык, и я надеюсь с его помощью что-то сделать в физике. Какое-то знание экспериментальной стороны здесь, разумеется, обязательно. Чистый математик, даже хороший математик, вообще ничего не понимает в физике».

Я рассказал тогда о своей беседе со стариком Линдемано, о его черной болонке и о чтении книги Вейля «Пространство, время, материя». Мой рассказ крайне развеселил Вольфганга.

— Это в точности соответствует моим впечатлениям,— сказал он.— Линдеман фанатик математической строгости. Все естествознание, включая математическую физику, для него туманная болтовня. Вейль действительно что-то понимает в теории относительности, а потому автоматически выбывает для Линдемана из рядов серьезных математиков.

На мой вопрос о значении теории относительности и атомной теории Вольфганг отвечал подробнее: «Так называемая специальная теория относительности,— сказал он,— полностью завершена, ее остается просто изучить и применять, как любую старую физическую дисциплину. И тем самым она уже не особенно интересна для тех, кто хочет открывать новое. Общая теория относительности, или, что приблизительно то же самое, эйнштейновская теория гравитации, в названном смысле еще не завершена. Но, с другой стороны, она явно неудовлетворительна в том отношении, что в ней на сотню страниц теории, начиненной труднейшими математическими выводами, приходится только один эксперимент. Поэтому здесь еще нет уверенности, правильна ли она вообще. Однако эта теория открывает новые возможности для мысли, так что ее, безусловно, следует принимать всерьез. Недавно я написал довольно большую статью об общей теории относительности, но, может быть, именно поэтому атомная теория сейчас кажется мне, в принципе, намного более интересной. В атомной физике существует множество еще не

понятых экспериментальных результатов: свидетельства природы в одной области как будто бы противоречат ее свидетельствам в другой области, и до сих пор пока еще не удалось нарисовать хоть сколько-нибудь непротиворечивую картину соответствующих связей. Правда, датчанину Нильсу Бору удалось связать удивительную стабильность атомов с квантовой гипотезой Планка⁹, — тоже, между прочим, пока еще никем не понятой, а в последнее время Бор, похоже, готов предложить качественное понимание периодической системы элементов и химических свойств отдельных веществ. Но как он справится с задачей, я как следует не вижу, потому что и ему явно не удалось устранить вышеупомянутые противоречия. Так что во всей этой области мы до сих пор пока блуждаем в густом тумане, и, пожалуй, пройдет целый ряд лет, прежде чем все встанет на свои места. Зоммерфельд надеется, что на базе экспериментов удастся выявить новые закономерности. Он верит в числовые соотношения, чуть ли не в числовую мистику своего рода, как некогда пифагорейцы с их гармониями колеблющихся струн. Мы называем эту сторону его науки «атомистикой», но пока никто не может предложить ничего лучшего. Возможно, здесь быстрее ориентируется тот, кто еще не очень хорошо знает предшествующую физику в ее величественной завершенности. Так что у тебя есть преимущество, — Вольфганг при этом ехидно усмехнулся, — но, разумеется, незнание еще не гарантия успеха».

Несмотря на эту маленькую шпильку, Вольфганг, собственно, подтвердил все мои соображения, которыми я обосновывал свой выбор. Я порадовался тому, что не пустился в чистую математику, и черная собачка в кабинете Линдемана стала жить в моей памяти как «часть силы той, что без числа творит добро, всему желая зла»¹⁰.

III. «ПОНИМАНИЕ» В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ (1920—1922)

Оба первых года моей учебы в Мюнхене протекали в двух совершенно разных мирах: в дружеском кругу молодежного движения и в абстрактно-рациональной области теоретической физики. Обе сферы были наполнены столь интенсивной жизнью, что я постоянно находился в состоянии крайнего напряжения, и переходить из одной сферы в другую мне было нелегко. На зоммерфельдовском семинаре беседы с Вольфгангом Паули составляли важнейшую часть моих занятий. Однако образ жизни Вольфганга был почти диаметрально противоположен моему. В то время как я любил ясный день и все свободное время по возможности проводил за городом, путешествуя по горам или купаясь и загорая на берегу какого-нибудь баварского озера, Вольфганг был типичным полуночником: он предпочитал город, вечерами охотно посещал развлекательные представления в разных кафе и потом большую часть ночи работал над своими физическими проблемами с чрезвычайной интенсивностью и большим успехом. Естественно, однако, что на семинар он после этого приходил, к досаде Зоммерфельда, только к полудню и лишь изредка — по утрам. Такое различие наших жизненных стилей служило поводом для всяческого подтрунивания, но не могло омрачить нашу дружбу. Наш общий интерес к физике был столь велик, что легко перевешивал различие интересов во всех других областях.

Когда я вспоминаю лето 1921 года и пытаюсь охватить разные его события в единой картине, то перед моими глазами возникает образ нашего палаточного городка на опушке леса; внизу простирается еще тонущее в синей рассветной дымке озеро, в котором мы накануне купались, а за ним широкий горный хребет Бенедиктенланд. Товарищи еще спят, и только я один до рассвета покидаю палатку и вьющейся тропой примерно за час добираюсь до ближайшей железнодорожной станции с таким расчетом, чтобы ранним поездом попасть в Мюнхен и не опоздать на зоммерфельдовский семинар к 9 часам. Тропинка ведет сначала вниз к озеру через болотистую местность, затем на моренный холм, откуда в утреннем свете можно вплоть до самой Цугшпитце обозреть альпийскую цепь Бенедиктенланда. На цветущие луга выезжают первые косилки, и я немного жалею о том, что уже не пытаюсь, как три года назад в роли работника на ферме Гросталерхоф в Мизбахе, так управиться с упряжкой волов, чтобы косилка шла через луг по прямой линии

и позади не оставалось ни одной полоски нескошенной травы,— наш хозяин назвал это «свиной». Так у меня в голове пестро перемежались будни сельской жизни, великолепие пейзажа и предстоящий зоммерфельдовский семинар, и я был убежден, что я счастливейший человек на свете.

Когда потом, спустя два или три часа после окончания лекции Зоммерфельда, в аудитории для семинарских занятий появлялся Вольфганг, то сцена нашего обоюдного приветствия разыгрывалась примерно следующим образом. Вольфганг: «А, вот и наш апостол природы. Доброе утро! Ты выглядишь так, словно опять несколько дней подряд жил согласно принципам своего святого патрона Руссо. Ведь это ему принадлежит знаменитое изречение: «Назад к природе; на деревья, обезьяны»¹¹.—«Вторая часть не из Руссо,— отвечал я ему,— и по деревьям никто не лазал. А вот тебе следовало бы говорить не «доброе утро», а «добрый день». Сейчас 12 часов. Подчеркиваю, 12 часов. Но в следующий раз ты должен взять меня с собой в какое-нибудь ночное кафе, чтобы и у меня тоже, наконец, появились хорошие научные идеи».— «Кафе тебе определено не поможет; однако ты бы лучше рассказал мне, что у тебя получается с работой Крамерса, о которой ты должен докладывать на следующем семинаре». Тут наш разговор быстро принимал деловой характер. Когда мы говорили о физике, к нам часто присоединялся наш друг, Отто Лапорт, который со своим рассудительным и трезвым прагматизмом был хорошим посредником между Вольфгангом и мной. Впоследствии он совместно с Зоммерфельдом опубликовал важные исследования по так называемой мультиплетной структуре спектров¹².

Похоже, благодаря его посредничеству случилось так, что однажды мы троим, т. е. Вольфганг, Отто и я, предприняли путешествие в горы на велосипедах по дороге от Бенедиктбейерна через Кессельберг к озеру Вальхензее и от него далее в Лойзахталь. Правда, это был единственный случай, когда Вольфганг рискнул сделать вылазку в мой мир. Но это наше предприятие благодаря долгим разговорам, которые мы вдвоем или троим вели в продолжение нашего путешествия и после него в Мюнхене, еще долго приносило свои плоды.

Итак, уже несколько дней подряд мы были вместе в пути. После того, как с немалым трудом толкая вперед свои велосипеды, мы взобрались на перевал Кессельберга, нам было уже нетрудно катиться по отважно прорубленной в склоне горы дороге вдоль крутого западного берега озера Вальхензее — я тогда не догадывался, какое значение приобретет для меня в дальнейшем этот клочок земли — и проехали мимо того места, где когда-то старый арфист и его дочь на почтовой карете Гете отправились в Италию: прообразы Миньон и старика арфиста из «Вильгельма Мейстера». Поверх темных вод этого озера Гете, как повествуется в его дневнике, впервые увидел покрытые снегом вершины. Но хотя мы радостно любовались тем же ландшафтом, впитывали в себя те же образы, разговор неизменно возвращался к вопросам, занимавшим нас в связи с учебой и наукой.

Вольфганг спросил меня — кажется, это было вечером на постоялом дворе в Грайнау, — понял ли я эйнштейновскую теорию относительности, игравшую такую большую роль на семинаре Зоммерфельда. Я смог ответить лишь, что не знаю, поскольку мне не ясно, что, собственно, означает слово «понимание» в естествознании. Лежащая в основе теории относительности математическая схема не представляет для меня трудности; но при всем том я, пожалуй, все же еще не понял, почему движущийся наблюдатель под словом «время» имеет в виду нечто иное, чем покоящийся. Эта путаница с понятием времени меня по-прежнему беспокоит, оставаясь до сих пор чем-то непостижимым.

— Но если ты овладел математической схемой теории, — возразил Вольфганг, — то это означает, что ты в состоянии для каждого данного эксперимента рассчитать, что будет воспринимать или измерять покоящийся наблюдатель и что — движущийся. Ты знаешь также, что у всех нас есть основания ожидать от реального эксперимента точно тех результатов, какие предсказывает расчет. Что тебе еще нужно?

— Для меня трудность как раз в том, — отвечал я, — что я сам не знаю, чего тут еще можно требовать. Но у меня такое ощущение, будто я в известном смысле обманут логикой, в соответствии с которой действует математическая схема этой теории. Или, если хочешь, я понял теорию головой, но не сердцем. Что такое «время», я, кажется, знал, даже еще не учившись физике; и наша мысль, и наше поведение всегда предполагают это наивное понятие времени. Можно, пожалуй, сформулировать и так: наше мышление покоится на том, что наше понятие времени функционирует, что, пользуясь им, мы достигаем успеха. А утверждая, что это понятие времени необходимо изменить, мы уже не знаем, являются ли наш язык и наше мышление пригодными инструментами для успешной ориентировки в действительности. Я не хочу здесь апеллировать к Канту, который именует пространство и время априорными формами созерцания, придавая тем самым этим исходным формам, каковыми они представлялись и прежней физике, статус абсолютности. Я хочу только подчеркнуть, что язык и мышление становятся ненадежными, если мы меняем такие основополагающие понятия, а ненадежность несовместима с пониманием.

Мои сомнения показали Отто необоснованными. «Конечно, в школьной философии все выглядит так, — сказал он, — словно понятия вроде «пространства» и «времени» уже получили твердый, не подлежащий изменениям смысл. Но это доказывает только, что школьная философия неверна. С красиво сформулированными общими фразами о «сущности» пространства и времени мне решительно нечего делать. Ты, по-видимому, слишком уж много занимался философией. Но тебе следовало бы знать и такое достойное внимания определение: «Философия есть систематическое злоупотребление изобретенной специально для этой цели номенклатурой». Всякие притязания на абсолютность надо с самого начала отклонять.

По правде, следовало бы употреблять лишь слова и понятия, непосредственно соотносящиеся с чувственным восприятием, причем, естественно, непосредственное чувственное восприятие можно заменить более сложным физическим наблюдением. Такие понятия были бы легко понятны и без долгих объяснений. Именно это возвращение к наблюдаемому было великой заслугой Эйнштейна. Эйнштейн недаром в своей теории относительности исходил из банального положения: время есть то, что показывают часы. Если ты будешь придерживаться таких вот банальных значений слов, в теории относительности не окажется никаких трудностей. Раз теория позволяет правильно предсказать данные наблюдений, она дает тем самым все необходимое для понимания».

Здесь Вольфганг сделал несколько оговорок: «Сказанное тобой справедливо лишь при некоторых очень важных условиях, о которых нельзя не упомянуть. Во-первых, нужно убедиться, что предсказания теории однозначны и самосогласованны. В случае теории относительности это условие обеспечено ее легко обозримым математическим каркасом. Во-вторых, из понятийной структуры теории должно явствовать, к каким феноменам она может быть применена, а к каким нет. Если бы такого ограничения не существовало, можно было бы сразу опровергнуть любую теорию на том основании, что она не может предсказать всех явлений мира. Но даже если удовлетворены все эти предварительные условия, у меня все еще нет полной уверенности, что человек автоматически обладает полным пониманием, когда может предсказать все относящиеся к рассматриваемой области явления. Я мог бы считать и наоборот: что мы вполне поняли конкретную сферу опыта, но данные будущих наблюдений заранее расчитать с точностью не можем».

Тогда свое сомнение в правомерности отождествления предсказуемости с пониманием я попытался обосновать примерами из истории: «Ты знаешь, что в Древней Греции уже астроном Аристарх допускал возможность того, что Солнце находится в центре нашей планетной системы. Однако эта мысль была отвергнута Гиппархом и забыта, и Птолемей исходил из центрального положения Земли, рассматривая орбиты планет как суперпозицию круговых орбит, циклов и эпициклов. Руководствуясь такими представлениями, он умел очень точно предсказать солнечные и лунные затмения, и его учение поэтому в течение полутора тысяч лет расценивалось как надежная основа астрономии. Но действительно ли Птолемей понимал планетную систему? Не Ньютон ли, знавший закон инерции и применивший концепцию силы как причины изменения момента количества движения, впервые по-настоящему объяснил движение планет через тяготение? Не он ли первый понял это движение? Вот что кажется мне решающим вопросом. Или возьмем пример из недавней истории физики. Когда в конце XVIII века электрические явления были уже достаточно хорошо изучены, имелись весьма точные расчеты электростатических сил между заряженными телами, Зоммерфельд в своем курсе говорил об этом, причем носителями

этих сил выступали тела, как и в ньютоновской механике. Но лишь после того, как англичанин Фарадей видоизменил вопрос и поставил проблему силового поля, т. е. распределения сил в пространстве и времени, он нашел основу для понимания электромагнитных явлений, которые затем Максвелл смог сформулировать математически».

Отто не нашел эти примеры слишком убедительными. Он сказал: «Я могу усмотреть здесь только различие в степени, а не принципиальную разницу. Астрономия Птолемея была очень хороша, иначе она не продержалась бы полторы тысячи лет. Ньютоновская астрономия была не лучше, и лишь с течением времени выявилось, что с помощью ньютоновской механики движение небесных тел можно рассчитать действительно точнее, чем пользуясь циклами и эпициклами Птолемея. Собственно говоря, я не могу согласиться с тем, что Ньютон сделал нечто лучшее, чем Птолемей. Ньютон просто дал иное математическое описание движения планет, и затем оно в течение столетий показало себя более успешным».

Однако Вольфганг считал такое воззрение в свою очередь слишком односторонне позитивистским. «Я считаю,— возразил он,— что у ньютоновской астрономии есть принципиальное отличие от птолемеевой. В самом деле, Ньютон изменил саму постановку вопроса. Он задался вопросом в первую очередь не о движениях планет, а об их причинах. Он нашел эти причины в силах тяготения и открыл, что силы, действующие внутри планетной системы, проще, чем движения небесных тел. Он описал их при помощи своего закона тяготения. Когда мы говорим теперь, что со времени Ньютона понимаем движение планет, то имеем в виду, что, поточнее пронаблюдая весьма сложное движение небесных тел, мы можем свести его к чему-то очень простому, а именно к силам гравитации, и тем самым объяснить их. По Птолемею, мы могли, конечно, описать те же сложности движения с помощью наложения циклов и эпициклов, но тогда нам пришлось бы просто принимать все это на веру, как эмпирический факт. Кроме того, Ньютон показал, что при движении планет, в сущности, происходит то же самое, что при движении юлы. Благодаря тому, что в ньютоновской механике все эти различные явления сводятся к одному и тому же корню, именно к известному положению, что «масса \times ускорение = сила», такое объяснение планетной системы значительно превосходит птолемеевское».

Отто, однако, еще не признавал своего поражения: «Слово «причина», сила как причина движения — это звучит очень красиво, но, по сути дела, мы продвигаемся вперед лишь на очень малый шаг. В самом деле, тогда придется снова спросить, а какова причина силы, причина гравитации? По твоей философии выходит, что мы лишь тогда по-настоящему «вполне» поймем движение планет, когда узнаем причину тяготения, так до бесконечности».

Однако Вольфганг решительно воспротивился такой критике понятия причины: «Естественно, можно вечно задавать вопросы,

на том стоит всякая наука. Но ты взял не особенно удачный аргумент. Понять природу — значит заглянуть в ее внутренние взаимосвязи, точно знать, что мы вникли в ее скрытые механизмы. Такое знание не дается осмыслением одного отдельного явления или одной отдельной группы явлений, даже когда мы открыли в них определенный порядок; оно достигается лишь тогда, когда мы устанавливаем широкие взаимосвязи, сводим к одному простому корню огромное множество опытных фактов. Ведь достоверность покоится как раз на их многочисленности. Опасность заблуждения становится тем меньше, чем богаче и сложнее рассматриваемые явления и чем проще тот общий принцип, к которому они могут быть сведены. Возможность со временем открыть какие-то еще более широкие связи не может служить возражением».

— Значит, по-твоему, — добавил я, — мы можем положиться на теорию относительности именно потому, что она тоже единым образом охватывает огромное множество явлений и сводит их к общему корню, например в электродинамике движущихся тел. Поскольку единая связь здесь легко обозрима математически, у нас возникает чувство, что мы «поняли» ее, хотя нам еще нужно привыкнуть к новому или, скажем, к несколько измененному пониманию слов «пространство» и «время».

— Да, я примерно это и имею в виду. Решающим шагом Ньютона и упомянутого тобой Фарадея была как раз новая постановка вопроса и, как следствие, образование новых объясняющих понятий. «Понимать» — это, по-видимому, означает овладеть представлениями, концепциями, с помощью которых мы можем рассматривать огромное множество различных явлений в их целостной связи, иными словами, «охватить» их. Наша мысль успокаивается, когда мы узнаем, что какая-нибудь конкретная, кажущаяся запутанной ситуация есть лишь частное следствие чего-то более общего, поддающегося тем самым более простой формулировке. Сведение пестрого многообразия явлений к общему и простому первопринципу или, как сказали бы греки, «многого» к «единому», и есть как раз то самое, что мы называем «пониманием». Способность численно предсказать событие часто является следствием понимания, обладания правильными понятиями, но она непосредственно не тождественна пониманию.

Отто ворчал: «Все это — систематическое злоупотребление специально для такой цели придуманной номенклатурой. Я не могу понять, почему о всех этих простых вещах надо говорить так сложно. Если пользоваться языком так, чтобы он соотносился с непосредственно воспринимаемой действительностью, то никакого недопонимания не может возникнуть, ведь значение каждого слова известно. И когда теория отвечает таким требованиям, ее всегда можно постигнуть без излишнего философствования».

Однако Вольфганг не собирался с этим сразу согласиться: «Твой столь правдоподобно звучащий постулат впервые, как тебе известно, был выдвинут Махом, и иногда говорят, что Эйнштейн создал теорию

относительности потому, что придерживался философии Маха. Однако такое рассуждение кажется мне чересчур упрощенным. Мах не хотел верить в существование атомов, ссылаясь на то, что их нельзя наблюдать непосредственно. Однако в физике и химии имеется великое множество явлений, которые есть надежда понять лишь теперь, когда мы знаем о существовании атомов. В данном случае Мах явно оказался введен в заблуждение своим собственным, защищаемым и тобой, принципом, и мне не хотелось бы рассматривать это как чистую случайность».

— Каждому приходилось ошибаться,— сказал Отто примирительно.— Не стоит из-за этого изображать вещи сложнее, чем они есть. Теория относительности так проста, что ее действительно можно вполне понять. Но в атомной теории многое все еще темно.

Так мы перешли ко второй главной теме наших споров. Но тут разговоры затянулись намного дольше нашего велосипедного турне и имели много продолжений на мюнхенском семинаре, иногда при участии нашего учителя Зоммерфельда.

Центральным предметом зоммерфельдовского семинара была атомная теория Бора. В ней — на основании решающих экспериментов Резерфорда в Англии — атом рассматривался как миниатюрная планетная система, в центре которой находится атомное ядро, несущее в себе почти всю массу атома, хотя оно гораздо меньше атома по размерам, а вокруг ядра наподобие планет вращаются значительно более легкие электроны. Но орбиты этих электронов, считал Бор, не определяются какими-либо известными в настоящее время силами и предыдущим состоянием системы и не могут быть нарушены воздействием извне, как следовало бы ожидать по аналогии с планетной системой, а вычисляются путем введения дополнительных постулатов особого рода, призванных объяснить удивительную стабильность материи по отношению к внешним воздействиям и не имеющих ничего общего с механикой или астрономией в старом смысле. После знаменитой работы Планка 1900 года такие постулаты называются квантовыми условиями. Квантовые условия как раз и привнесли в атомную физику тот любопытный элемент числовой мистики, о котором уже шла речь выше. Оказалось, что определенные физические величины, относящиеся к расчету орбит электронов, должны быть целочисленно кратными некоторой фундаментальной единице, а именно введенному Планком кванту действия. Такие правила напоминали наблюдения древних пифагорейцев, согласно которым две колеблющиеся струны дают совместно гармоничное звучание, если при одинаковом натяжении их длины находятся между собой в целочисленном отношении. Но что общего у планетарных орбит электронов с колеблющимися струнами? Еще хуже обстояло дело с тем, как приходилось представлять себе излучение света атомом. Излучающий электрон должен был при этом скачком перейти с одной квантовой орбиты на другую, испустив высвобождающуюся при этом энергию целым пакетом волн или световым квантом. Никто, наверное, не принял бы подобных

представлений всерьез, если бы с их помощью не удавалось весьма успешным и точным образом объяснить целый ряд экспериментов.

Естественно, нас, молодых студентов, прямо-таки завораживало это смешение непостижимой мистики чисел и несомненного эмпирического успеха. Уже вскоре после начала моих занятий Зоммерфельд поставил передо мной задачу сделать из некоторых наблюдений, сообщенных ему знакомым физиком-экспериментатором, выводы об орбитах исследуемых электронов и их квантовых чисел. Это оказалось несложным, однако полученные результаты были в высшей степени неожиданными. Помимо целых квантовых чисел мне пришлось допустить также и их половины, что полностью противоречило духу квантовой теории и зоммерфельдовской числовой мистике. Вольфганг посмеивался, что я, наверное, вскоре введу также и четверти, и восьмушки квантовых чисел, так что в конце концов вся квантовая теория рассыплется в прах у меня под руками. Но тем не менее экспериментальные данные выглядели именно таким образом, будто половинные квантовые числа имели полное право на существование, так что ко всем предыдущим элементам загадочности прибавился еще один.

Вольфганг задался очень трудной проблемой. Он решил проверить, ведут ли теория Бора и квантовые условия Бора—Зоммерфельда к экспериментально верным результатам в случае более сложной системы, рассчитать которую было возможно, используя математические методы, принятые в астрономии. Дело в том, что во время наших мюнхенских дискуссий мы задумались над тем, не ограничены ли предыдущие успехи теории крайне простыми системами и не постигнет ли ее неудача при изучении более сложных систем, которые и собрался рассмотреть Вольфганг.

В этой связи Вольфганг как-то спросил меня: «А, собственно, веришь ли ты, что в атоме есть такая вещь, как орбиты электронов?» Мой ответ, видимо, был довольно туманным: «Прежде всего, в камере Вильсона все-таки можно непосредственно наблюдать траекторию электрона. При освещении камеры конденсационный след, состоящий из капелек тумана, показывает, где пролетел электрон. А если существуют траектории электронов в камере Вильсона, то должны существовать, наверное, и их орбиты в атоме. Однако должен признаться, что меня здесь все-таки берет сомнение. В самом деле, мы рассчитываем орбиту по законам классической ньютоновской механики, а потом, введя квантовые условия, приписываем этой орбите стабильность, которую она по законам той же ньютоновской механики никак не должна бы иметь; и когда электрон при излучении переходит скачком с одной орбиты на другую — как принято выражаться, — то мы предпочитаем вовсе ничего не говорить о том, совершает ли он свой скачок в длину или в высоту, или выделяет какие-то иные кренделя. Стало быть, все представление об орбите электрона в атоме оказывается в каком-то смысле нелепостью. Но как же тогда быть?»

Вольфганг кивнул. «Все это в целом действительно выглядит крайне загадочным. Если в атоме у электрона есть орбита, то этот электрон, очевидно, вращается периодически вокруг ядра с определенной частотой. Однако, согласно законам электродинамики, от периодически движущегося заряда должны исходить электрические колебания, проще говоря, излучается свет определенной частоты. Но опять же ничего подобного в атоме не наблюдается, а частота колебаний испускаемого света находится где-то посреди между частотами вращения электрона по орбите до таинственного скачка и после него. Все это, в сущности, полное безумие».

— Пусть это и безумие, но в нем есть своя система,— процитировал я.

— Да, возможно. Нильс Бор утверждает, что теперь ему для всей периодической системы элементов известны орбиты электронов каждого атома, а вот мы оба, честно говоря, вовсе не верим в электронные орбиты. Зоммерфельд, пожалуй, еще верит в них. И тем не менее все мы прекрасно можем видеть траекторию электрона в камере Вильсона. Возможно, Нильс Бор все же в каком-то смысле прав, мы только не знаем, в каком именно.

В противоположность Вольфгангу я был настроен в подобных вопросах оптимистически и отвечал примерно следующее: «Несмотря на все трудности, я нахожу эту физику Бора крайне привлекательной. Самому Бору, несомненно, ясно, что он исходит из предпосылок, содержащих в себе противоречия и, стало быть, в данном своем виде неудовлетворительных. Однако у него безошибочное чутье относительно того, как, исходя из этих шатких предпосылок, прийти к такой картине атомарных процессов, которая все же будет содержать в себе решающую долю истины. Собственно говоря, Бор использует классическую механику или квантовую теорию так же, как художник использует кисть и краски. Кисть и краски еще не создают картину, и краска никогда не есть действительность, но если я, подобно художнику, вижу эту картину своим мысленным взором, то могу с помощью кисти и красок — хотя бы и очень несовершенно — сделать ее видимой и для других. Бору отлично известно поведение атомов при световых явлениях, при химических и многих других процессах, и он составил себе интуитивное представление о структуре различных атомов; эту-то картину он и хочет сделать понятной для других физиков с помощью несовершенных вспомогательных средств, которые ему представляет теория электронных орбит и квантовых условий. Так что нельзя с уверенностью сказать, что сам Бор верит в электронные орбиты атома. Однако он убежден в правильности своих интуитивных образов. Что для этих образов пока еще нет адекватных языковых или математических выражений — это не беда. Напротив, здесь кроется чрезвычайно интригующая проблема».

Вольфганг был настроен все еще скептически: «Я все же сперва попытаюсь установить, ведут ли предпосылки Бора—Зоммерфельда к разумным результатам в решаемой мною проблеме. Если нет —

а я сильно подозреваю, что так оно и окажется,— то по крайней мере можно будет знать, что именно не соответствует действительности, а тем самым мы уже сделаем шаг вперед». И он задумчиво добавил: «Образы Бора в каком-то смысле должны быть верными. Но как их понимать и какие стоят за ними законы?»

Некоторое время спустя после одного долгого разговора об атомной теории Бора Зоммерфельд довольно неожиданно спросил меня: «Не желаете ли Вы лично познакомиться с Нильсом Бором? Он скоро прочтет в Геттингене цикл лекций о своей теории. Я туда приглашен и мог бы взять Вас с собой». Мне пришлось несколько замедлить с ответом, потому что в те времена железнодорожное путешествие до Геттингена и обратно представляло для меня неразрешимую финансовую проблему. По-видимому, Зоммерфельд заметил, как тень этой заботы пробежала по моему лицу. Во всяком случае, он сказал, что берет на себя связанные с моей поездкой расходы; естественно, мой ответ после этого мог быть только однозначным.

В начале лета 1922 года Геттинген, приятный городок вилл и садов на склоне Хайнберга, был украшен бесчисленными цветущими деревьями, розами и клумбами, так что сам внешний блеск его оправдывал название, которое мы позднее дали этим дням: «боровский фестиваль» в Геттингене. Картина первой лекции неизгладимо запечатлелась в моей памяти. Зал был переполнен. Датский физик, в котором уже по фигуре можно было узнать скандинава, стоял на возвышении чуть склонив голову, дружески и несколько смущенно улыбаясь, а в широко распахнутые окна лилось яркое солнце геттингенского лета. Бор говорил довольно тихим голосом, с мягким датским акцентом, и когда он разъяснял отдельные положения своей теории, то выбирал слова осторожно, гораздо осмотрительнее, чем мы привыкли слышать от Зоммерфельда, и почти за каждым тщательно сформулированным предложением угадывались длительные мыслительные ряды, лишь начала которых высказывались, а концы терялись в полумраке чрезвычайно волновавшей меня философской позиции. Содержание лекции казалось и новым, и вместе с тем не новым. У Зоммерфельда мы изучили теорию Бора и потому знали, о чем идет речь. Но все слова в устах Бора звучали иначе, чем у Зоммерфельда. Непосредственно ощущалось, что свои результаты Бор получил не путем вычислений и доказательств, а путем интуиции и догадок, и что теперь ему было нелегко защищать их перед геттингенцами с их высокой математической выучкой. После каждой лекции начиналась дискуссия, и в конце третьей лекции я отважился сделать одно критическое замечание.

Бор коснулся той работы Крамерса, о которой мне пришлось докладывать на зоммерфельдовском семинаре¹³, и сказал в заключение: хотя принципы теории еще неясные, однако можно вполне положиться на то, что результаты Крамерса правильны и позднее будут подтверждены экспериментами. Тут я встал и выдвинул возражения, которые являлись результатом наших мюнхенских

дискуссий и заставляли меня сомневаться в выводах Крамерса. Наверное, Бор почувствовал, что за моими замечаниями стоят основательные занятия его теорией.

Отвечал он нерешительно, так, словно замечание несколько беспокоило его, а после дискуссии подошел ко мне и спросил, не можем ли мы во второй половине дня прогуляться вместе по Хайнбергу, чтобы обстоятельно обсудить поставленные мною вопросы.

Эта прогулка оказала сильнейшее воздействие на мое последующее научное развитие, или даже, вернее сказать, все мое научное развитие, собственно, и началось с этой прогулки. Наш путь шел по одной из хорошо ухоженных лесных тропинок мимо людного кафе «У Ронов» к озаренной солнцем вершине, откуда можно было одним взглядом окинуть прославленный университетский городок с возвышающимися шпилями старинной церкви Иоанна и Иакова и холмами по другую сторону Лейнеталя.

Бор начал разговор, возвратившись к утренней дискуссии: «Сегодня утром Вы выразили некоторое сомнение относительно работы Крамерса. Сразу должен сказать, что Ваше сомнение мне вполне понятно; мне кажется, что я должен несколько подробнее объяснить Вам, как я отношусь ко всем этим проблемам. Дело в том, что я, в сущности, более солидарен с Вами, чем Вы думаете; и я очень хорошо понимаю, сколь осторожно следует подходить ко всем утверждениям о строении атома. По-видимому, сначала мне нужно немного рассказать об истории моей гипотезы. Ее исходным пунктом отнюдь не была мысль, будто атом есть планетная система в миниатюре и будто здесь можно применять законы астрономии. До такой степени буквально я это никогда не понимал. Главным для меня было другое, а именно устойчивость материи, с точки зрения прежней физики представляющая подлинным чудом.

Под словом «устойчивость» я имею в виду то, что одни и те же вещества всегда и везде встречаются с одними и теми же свойствами, что образуются одинаковые кристаллы, возникают одинаковые химические соединения и т. д. Это значит, что и после разнообразных изменений, могущих произойти под воздействием извне, атом железа, например, в конце концов остается тем же атомом железа с теми же самыми свойствами. С точки зрения классической механики это непостижимо, особенно если считать, что атом действительно подобен планетной системе. Итак, в природе имеется тенденция к образованию определенных форм — я сейчас беру слово «форма» в самом общем смысле — и к воспроизведению этих форм заново даже тогда, когда они нарушены или разрушены. В этой связи можно даже вспомнить о биологии; ведь устойчивость живых организмов, сохранение сложнейших форм, которые к тому же способны к существованию непременно лишь как целое, — явление того же рода. Правда, в биологии речь идет о весьма сложных, изменяющихся во времени структурах, и их мы сейчас не будем касаться. Я хотел бы здесь говорить лишь о простых формах, с кото-

рыми мы встречаемся уже в физике и химии. Существование однородных веществ, наличие твердых тел — все это опирается на устойчивость атомов, включая и тот факт, что, например, от люминесцентной лампы, наполненной определенным газом, мы всегда получаем свет одного и того же цвета, световой спектр с одними и теми же спектральными линиями. Все это вовсе не само собой разумеется, напротив, кажется непонятным, если исходить из принципа ньютоновской физики, из строгой причинной детерминированности событий, когда всякое данное состояние должно быть однозначно определено предшествующим состоянием и только им. Это противоречие беспокоит меня уже очень давно.

На чудо устойчивости материи еще долго не обращали бы внимания, если бы за последние десятилетия на него не пролили новый свет важные сведения иного рода. Как Вам известно, Планк обнаружил, что энергия атомной системы изменяется прерывисто и что, когда такая система излучает, то существуют, если можно так выразиться, «остановки» с определенными уровнями энергии, которые я позднее назвал стационарными состояниями. Потом Резерфорд провел свои исследования строения атома, которые оказались столь решающими для последующего развития. Там, в Манчестере, в лаборатории Резерфорда, я и познакомился со всей этой проблематикой. Я тогда был почти так же молод, как Вы теперь, и вел по этим вопросам бесконечные разговоры с Резерфордом. Наконец, в самое последнее время были обстоятельнее исследованы явления свечения, измерены спектральные линии, характерные для различных химических элементов, да и разнообразные химические открытия тоже предоставляют, естественно, большое множество свидетельств о поведении атомов. Эти события, в которых я иногда принимал непосредственное участие, поставили нас перед вопросом, в наше время уже неизбежным, а именно вопросом о том, как здесь связать концы с концами. Теория, которую я попытался построить, имела своей целью установить такую связь.

Но это ведь, в сущности, совершенно безнадежное дело, задача совсем иного рода, чем обычные научные задачи. В самом деле, раньше в физике, да и в любой другой естественной науке, когда требовалось объяснить новое явление, можно было, используя имеющиеся понятия и методы, свести это новое явление к уже известным феноменам или законам. А в атомной физике, как нам хорошо известно, прежних понятий заведомо недостаточно. Из-за устойчивости материи ньютоновская механика неприменима внутри атома, она в лучшем случае может разве что послужить здесь отправной точкой. И, стало быть, невозможно также никакое наглядное описание строения атома, ведь подобное описание — именно в силу своей наглядности — должно было бы пользоваться понятиями классической физики, а они уже не охватывают происходящего. Так что, Вы понимаете, подобная теория замахивается, собственно, на что-то в принципе невозможное. В самом деле: надо говорить о строении атома, а мы не располагаем языком, на котором могли бы объяснить-

ся. Мы в известном смысле оказываемся в положении мореплавателя, попавшего в далекую страну, где не только условия жизни совершенно иные, чем известные ему с детства, но и язык живущих там людей абсолютно чужд. Ему нужно добиться понимания, а у него в распоряжении нет никаких средств для этого. В подобном положении теория вообще не может ничего «объяснить» в смысле, принятом до сих пор в науке. Речь идет о том, чтобы постепенно обнаруживать существующие связи и на ощупь осторожно продвигаться вперед. Так же я воспринимаю и расчеты Крамерса, а сегодня утром я, наверное, выразился недостаточно осмотрительно. Однако сделать больше пока еще просто невозможно».

Из слов Бора я живо почувствовал, что и ему тоже близки все сомнения и возражения, обсуждавшиеся нами в Мюнхене. Желая удостовериться в том, что я его правильно понял, я спросил: «Однако что же тогда означают те наглядные модели атомов, которые Вы на днях демонстрировали и обсуждали на Ваших лекциях, приводя еще и доводы в их пользу? В каком смысле их нужно понимать?»

— Это модели, — отвечал Бор, — выведены или, если Вам угодно, угаданы исходя из опыта, а не получены с помощью каких-либо теоретических расчетов. Я надеюсь, что они описывают строение атома настолько хорошо, но вместе с тем, и лишь настолько хорошо, насколько это вообще возможно, если пользоваться наглядным языком классической физики. Надо отдавать себе отчет в том, что ее языком здесь можно пользоваться лишь подобно тому, как им пользуются в поэзии, где, как известно, его цели не в точном изображении ситуации, а в создании у слушателя определенных образов и внутренних ассоциаций.

— Но как же тогда, собственно, двигаться вперед? Ведь, в конце концов, физика должна быть точной наукой.

— Остается ожидать, — сказал Бор, — что парадоксы квантовой теории, непонятные черты, связанные с устойчивостью материи, с каждым новым экспериментом будут выступать во все более ярком свете. В таком случае можно будет надеяться, что с течением времени возникнут новые понятия, с помощью которых мы сможем как-то понять и неизобразимые наглядно процессы в атоме. Однако до этого нам еще далеко.

Это замечание Бора заставило меня вспомнить мысль, высказанную Робертом во время нашего путешествия к озеру Штарнбергер: атомы не являются вещами. И хотя Бор понял, по-видимому, многие подробности внутреннего строения атомов химических элементов, электроны, из которых состоят оболочки атомов, это уже явно не вещи, — во всяком случае, не вещи в смысле классической физики, без всяких оговорок поддающиеся описанию в терминах места, скорости, энергии, протяженности. Поэтому я спросил Бора: «Если внутреннее строение атомов столь мало поддается наглядному описанию, как Вы говорите, и если у нас, собственно, нет языка, на котором мы могли бы вести речь об этом их строении, то сможем ли мы вообще когда бы то ни было понять атомы?» Бор секунду по-

медлил, а потом сказал: «Пожалуй, сможем. Но нам надо будет все-таки сначала узнать, что означает слово «понимание».

Меж тем мы добрались в своем маленьком путешествии до вершины Хайнберга, придя к ресторану, который называется «Поворот», наверное, потому, что уже с давних времен гуляющие имели обыкновение поворачивать там назад. Повернули оттуда и мы снова к долине, которая на этот раз открылась перед нами с северной стороны с видом на холмы, леса и деревни в Лейнетале, теперь уже давно вошедшие в черту города.

— Ну что же, — возобновил Бор нашу беседу, — мы говорили с Вами о таком множестве сложных вещей, и я рассказал Вам, как сам пришел в науку, но мне еще ничего не известно о Вас. Вы выглядите еще очень юным. Создается даже такое впечатление, как будто бы Вы начали с изучения атомной физики и лишь позднее освоили прежнюю физику и все прочее. Похоже, Зоммерфельд очень рано ввел Вас в этот приключенческий мир атомов. А как Вы пережили войну?

Я признался, что, имея двадцать лет от роду, учусь пока еще на четвертом семестре, так что об общей физике знаю ужасно мало, и рассказал о зоммерфельдовских семинарах, на которые меня привлекала именно запутанность, непонятность квантовой теории. Для военной службы я был слишком молод, из нашей семьи только отец воевал во Франции как офицер запаса; и мы очень тревожились о нем, однако в 1916 году он вернулся домой после ранения. В последний год войны, чтобы не слишком голодать, я работал батраком на хуторе в предгорьях баварских Альп. Кроме того, я отчасти пережил опыт революционных боев в Мюнхене. Но в остальном война меня по-настоящему не коснулась.

— С удовольствием поговорил бы с Вами еще, — сказал Бор, — и послушал от Вас о положении в вашей стране, которую я еще так мало знаю. И о молодежном движении, о котором мне рассказывали геттингенские физики. Вы должны как-нибудь посетить нас в Копенгагене, а то и приехать к нам на более долгое время, чтобы вместе заниматься физикой. Тогда и я покажу Вам нашу маленькую страну и расскажу Вам о ее истории.

Когда мы приблизились к первым городским домам, разговор перешел на геттингенских физиков и математиков Макса Борна, Джеймса Франка, Рихарда Куранта и Давида Гильберта, с которыми я познакомился как раз в эти дни, и мы вкратце обсудили возможность того, чтобы я провел часть времени моей учебы в Геттингене. Так передо мной блеснуло будущее, полное новых надежд и возможностей, и уже проводив Бора домой, по пути к своей гостинице я еще долго расцвечивал его яркими красками.

IV. УРОКИ ПОЛИТИКИ И ИСТОРИИ (1922—1924)

Лето 1922 года окончилось для меня еще одним, на этот раз очень горьким переживанием. Мой учитель Зоммерфельд предложил мне посетить собрание немецких естествоиспытателей и врачей, на котором Эйнштейн должен был выступить с докладом по общей теории относительности. Мой отец купил мне обратный билет от Мюнхена до Лейпцига, и я радовался возможности лично услышать создателя теории относительности. По прибытии в Лейпциг я поселился в одной из самых дешевых гостиниц в худшем квартале города, поскольку не мог себе позволить ничего лучшего. В помещении для заседаний я встретил нескольких молодых физиков, с которыми познакомился в Геттингене на «Боровском фестивале», и осведомился у них о докладе Эйнштейна, который должен был состояться через несколько часов вечером того же дня. Меня удивила при этом некоторая напряженность атмосферы; причину ее я вначале не мог объяснить, но чувствовал, что все здесь не так, как в Геттингене. Время до доклада я использовал для прогулки к памятнику Битвы народов, под которым я, с пустым желудком и крайне утомленный проведенной в вагоне ночью, улегся в траву и сразу заснул. Я проснулся оттого, что некая юная девица кидалась в меня сливами; но потом она уселась возле меня и для смягчения моего гнева предложила мне взять из своей корзинки сколько угодно этих плодов, что очень кстати утолило мой голод.

Доклад Эйнштейна состоялся в большой аудитории, куда, словно в театральный зал, можно было входить со всех сторон через маленькие двери. Когда я собирался войти, какой-то молодой человек — как я позже услышал, ассистент или ученик известного профессора физики из южнонемецкого университетского города — сунул мне в руку типографски отпечатанный красным шрифтом листок, предостерегавший не доверять Эйнштейну и его теории относительности. Эта теория, говорилось в листке, вздорная спекуляция, разрекламированная еврейской печатью и всецело чуждая немецкому духу. Сначала я подумал, что листовка, наверное, дело рук какого-то сумасшедшего из тех, что время от времени появляются на подобных конференциях. Но когда мне сказали, что на деле инициатором листовки является весьма уважаемый за свои важные экспериментальные работы физик, о котором часто говорил в своих лекциях Зоммерфельд, то сразу рухнула одна из моих заветнейших надежд.

До этого я был твердо убежден, что по крайней мере наука способна стоять совершенно в стороне от той политической борьбы, которой я вдоволь насмотрелся в Мюнхене за время гражданской войны. Теперь я видел, что косвенным путем, через слабохарактерных или болезненных людей, даже научная жизнь может быть заражена и искажена злыми политическими страстями. Что до содержания листовки, то оно произвело во мне то естественное действие, что я отбросил все сомнения относительно общей теории относительности, обрисованные мне в свое время Вольфгангом, и был теперь непоколебимо убежден в правильности этой теории. Ибо я уже давно по своему опыту мюнхенской гражданской войны усвоил, что о том или ином политическом направлении никогда нельзя судить по целям, которые оно громко провозглашает и к которым, возможно, действительно стремится, а только по средствам, которые оно применяет для осуществления целей. Дурные средства показывают, что их инициаторы сами уже не верят в убеждающую силу собственных идей. Средства, примененные здесь ученым-физиком против теории относительности, были так дурны и демагогичны явно оттого, что противник Эйнштейна заведомо не надеялся опровергнуть его теорию с помощью научных доводов. Но после такого разочарования я уже не мог как следует вслушаться в доклад, а по окончании заседания не предпринял никакой попытки познакомиться с Эйнштейном, что мог бы сделать, скажем, воспользовавшись рекомендацией Зоммерфельда. Подавленный, вернулся я в свою гостиницу; там мне пришлось констатировать, что все мое добро, рюкзак, белье и второй костюм, украдено. К счастью, мой обратный билет оставался у меня в кармане. Я пошел на вокзал и сел в первый же поезд до Мюнхена. Всю дорогу я пребывал в полном отчаянии, поскольку знал, что не могу взвалить на своего отца столь большую финансовую потерю. Не застав по приезде своих родителей в Мюнхене, я нашел себе работу лесоруба в парке Форстенридер, лесном районе к югу от города. Там на сосновый лес напал жук-короед, и многие деревья пришлось рубить, а их кору сжигать. Лишь заработав таким способом достаточно денег, чтобы в какой-то мере возместить потерю, я снова вернулся к физике.

Весь этот невеселый эпизод изложен не для того, чтобы снова извлечь на свет малоприятные события, которые лучше было бы забыть, а потому, что позднее он сыграл известную роль в моих беседах с Нильсом Бором и в моем отношении к опасной пограничной зоне между наукой и политикой. Прежде всего, мой лейпцигский опыт оставил за собой, конечно, глубокую разочарованность и сомнение в смысле науки как таковой. Если даже и здесь речь идет не об истине, а о борьбе интересов, то стоит ли тогда ею заниматься. Но воспоминание о прогулке по Хайнбергу пересилило в конце концов эти пессимистические настроения; и я лелеял надежду, что столь непосредственно высказанное приглашение Бора повлечет за собой когда-нибудь длительное посещение Копенгагена и много новых бесед.

Однако до поездки к Бору прошло еще полтора года, заполненных учебным семестром в Геттингене, докторской диссертацией по устойчивости ламинарного течения в жидкостях, последующим экзаменом в Мюнхене и еще одним семестром в Геттингене в качестве ассистента Макса Борна. Наконец, в пасхальные каникулы 1924 года я поднялся в Варнемюнде на паром, который должен был переправить меня в Данию. По дороге я любовался видом множества парусных судов, в том числе гигантских ветеранов старого времени с четырьмя мачтами и полным оснащением, какими было тогда усеяно Балтийское море. Первая мировая война отправила на морское дно значительную часть всех имевшихся в мире паровых судов; пришлось извлечь из доков старые грузовые парусники, так что глазам морского путешественника открывалось красочное зрелище, как сто лет назад. По прибытии в Данию с моим багажом возникли маленькие трудности, которые мне без знания языка было нелегко преодолеть. Но когда я сказал, что собираюсь работать в Институте профессора Нильса Бора, это имя открыло все двери и мгновенно устранило затруднения. Так с первого же часа я ощутил над собой надежное покровительство одной из сильнейших личностей маленькой дружелюбной страны.

Первые дни в Боровском институте оказались тем не менее нелегкими для меня. Я внезапно оказался среди большого числа блестяще одаренных молодых людей из самых разных стран, далеко превосходящих меня в лингвистических знаниях и навыках светского общения и намного основательнее меня подкованных в нашей науке. К тому же Нильс Бор редко подходил ко мне, у него было много забот по руководству институтом, и я понимал, что не имею права отнимать у него больше времени, чем другие сотрудники института. По простевии нескольких дней, однако, он заглянул в мою комнату и спросил, готов ли я сопровождать его в пешем походе по острову Зеландия; в институте очень мало возможностей для подробной беседы, а он хотел бы поближе со мной познакомиться. Итак, мы отправились в путь вдвоем, нагруженные лишь рюкзаками. Сначала — трамваем до северной окраины города, потом — пешком через так называемый «зоосад» — бывшие охотничьи угодья с изящным маленьким замком-эрмитажем посреди и многочисленными стадами оленей и косуль на полянах; дальше наш маршрут пролегал на север. Путь проходил то вдоль берега моря, то через леса и мимо озер, которые в это весеннее время года тихо прятались в ограде только что зазеленевших зарослей и по берегам которых дачи стояли еще с запертыми ставнями. Наша беседа очень скоро перешла на положение в Германии, и Бор захотел услышать о моих переживаниях в начале первой мировой войны, события тогда уже десятилетней давности.

— Мне часто рассказывали об этом времени начала войны, — сказал Бор. — Нашим друзьям пришлось в первые августовские дни 1914 года проезжать через Германию, и они сообщали о большой волне воодушевления, которая захлестнула не только весь

немецкий народ, но даже посторонних наблюдателей, хотя вместе с тем и навела на них ужас. Разве не поразительно, что народ идет на войну в пылу настоящего энтузиазма, тогда как должны же были все знать, сколько ужасных жертв, своих и вражеских, потребует война, сколько неправды будет твориться с обеих сторон? Вы мне можете это объяснить?

— Я был тогда двенадцатилетним школьником,— отвечал я, и, естественно, составлял свои мнения на основании того, что мог понять из разговоров между собой родителей, дедушек и бабушек. Не думаю, чтобы слово «воодушевление» верно отражало настроение, которым мы все были тогда охвачены. Никто из известных мне людей не радовался предстоящему и никто не считал хорошим делом наступление войны. Если попытаться описать, что происходило, то я сказал бы так: все ощутили, что дело пошло вдруг всерьез. Мы осознали, что были до того времени окружены видимостью прекрасного благополучия, внезапно улетучившейся с убийством австрийского наследника престола, и из-за кулис теперь выдвинулось на передний план жесткое ядро реальности, некий императив, от которого наша страна и все мы уже не могли уклониться и на уровне которого теперь надо было оказаться. Все исполнились решимости, пусть и в глубочайшей тревоге, но всем сердцем. Конечно, мы были убеждены в правоте немецкого дела; Германию и Австрию мы всегда ощущали взаимосвязанным единством, и убийство эрцгерцога Франца Фердинанда и его супруги членами сербского тайного союза однозначно воспринималось нами как нанесенная нам обида. Так что приходилось отстаивать себя, и это решение, как я сказал, было искренно принято, думаю, почти всеми людьми в нашей стране.

В таком всеобщем порыве есть что-то кружащее голову, что-то совершенно жуткое и иррациональное, это правда. Я сам ощутил это в тот день, 1 августа 1914 года. Мы ехали тогда с родителями из Мюнхена в Оснабрюк, куда мой отец должен был прибыть по призыву как капитан запаса. Повсюду вокзалы были переполнены кричащими, теснящимися, возбужденными людьми; громадные товарные составы, украшенные цветами и ветками, были нагружены солдатами и оружием. До последнего момента у вагонов теснились женщины и дети; люди плакали и пели, пока поезд не уходил с вокзала. С совершенно чужим человеком можно было говорить, словно знаешь его много лет; каждый помогал соседу, чем только мог, и все мысли были обращены к судьбе, выпавшей на нашу общую долю. Я никак не смог бы вычеркнуть тот день из своей памяти. Но как же так, какое отношение этот невероятный, невообразимый день, который никогда нельзя забыть, если его пережил, имеет к тому, что обыкновенно называют военным воодушевлением или даже радостным чувством войны? Не знаю, мне кажется, что уже потом, в конце, все было ложно переистолковано.

— Вы должны понять,— сказал Бор,— что мы в нашей маленькой стране, естественно, совершенно иначе думаем об этих нелегких

вопросах. Позвольте мне начать с одного факта истории. Возможно, возрастание могущества Германии за последнее столетие далось ей в некотором смысле слишком легко. Возьмем войну 1864 года против нашей страны, оставившую у нас столько горького чувства, потом победу над Австрией в 1866 и над Францией в 1870 году. Немцам, должно быть, показалось, что мановением руки можно построить великую центральноевропейскую державу. Но все обстоит не так уж просто. Чтобы основать державу, необходимо даже в случае, когда нельзя обойтись без насилия, прежде всего завоевать сердца многих людей и склонить их к новой форме объединения. Этого пруссакам, несмотря на всю их доблесть, явно не удалось; возможно, дело в чрезмерной суровости их образа жизни или в том, что их понимание дисциплины оказалось не по душе людям из других стран. Немцы, пожалуй, слишком поздно заметили, что потеряли способность убеждать других. Во всяком случае, нападение на такую маленькую страну, как Бельгия, не могло быть расценено внешним миром иначе, как неприкрытый акт насилия, и даже убийство австрийского наследника престола тут никак не могло служить оправданием. В конце концов бельгийцы не имели никакого отношения к этому покушению, не входили они и в состав антигерманского союза.

— Несомненно, мы, немцы, сделали много несправедливого в этой войне,— вынужден был я признать,— точно так же, вероятно, как и наши противники. В войну всегда совершается много несправедливостей. И я соглашусь также, что единственный компетентный здесь суд, всемирная история вынесла приговор не в нашу пользу. Впрочем, я еще слишком молод, чтобы судить, какие политики и где приняли правильные или ложные решения. Но тут есть два вопроса, больше касающиеся человеческой стороны этой политики и всегда беспокоившие меня. Мне бы хотелось знать, что Вы об этом думаете. Мы вот говорили о начале войны и о том, что в первые часы и дни войны мир изменился. Мелкие повседневные заботы, прежде теснившие нас, исчезли. Личные отношения, ранее стоявшие в центре нашей жизни, отношения с родителями и друзьями стали маловажными в сравнении с общим и самым непосредственным отношением ко всем людям, которых постигла одна и та же судьба. Дома, улицы, леса — все стало выглядеть не как раньше, и можно было сказать вместе с Якобом Буркхардтом, что «даже небо приобрело другой оттенок». Мой близкий друг, кузен из Оснабрюка, который был старше меня на несколько лет, тоже стал солдатом. Я уже теперь не знаю, был ли он призван или пошел добровольцем. Этот вопрос даже не ставился. Великое решение было принято, всякий, кто был физически годен, становился солдатом. Моему другу никогда не пришло бы в голову желать войны или мечтать о завоеваниях для Германии. Это я знаю из нашего последнего разговора перед его отъездом. Он о таких вещах вообще не думал, хотя был убежден в победе. Но он знал, что теперь надо не шадить своей жизни, его это касалось так же, как и всех остальных. Может

быть, на какой-то момент он ужаснулся до глубины души, но потом сказал «да», как и все. Будь я на несколько лет старше, со мной было бы то же самое. Потом мой друг был убит во Франции. Но, по Вашему мнению, он должен был думать, что все это чушь, головокружение, пьяный дурман, внушение и что к требованию не щадить своей жизни нельзя относиться серьезно? Какая сила в нем имела право так сказать? Рассудок молодого человека, совершенно неспособного разобраться в политических интригах и слышащего лишь об отдельных малопонятных фактах, как «убийство в Сараеве» или «оккупация Бельгии»?

— То, что Вы говорите, меня очень печалит,— отвечал Бор,— потому что я, кажется, слишком хорошо понимаю, что Вы имеете в виду. Возможно, то, что ощущали эти молодые люди, шедшие на войну с сознанием правоты своего дела, составляет величайшее счастье, какое может пережить человек. И верно, что нет силы, способной в описываемый Вами момент сказать «нет». Но разве не ужасно, что это так? Разве всенародный порыв, свидетелем которого Вы были, не имеет совершенно явственного сходства с тем, что происходит, например, когда осенью птицы стаями тянутся на юг? Ни одна из птиц не знает, кто принял решение об этом перелете на юг и почему этот перелет происходит. Но каждая захвачена общим возбуждением, чувством стаи и счастлива, что может лететь, хотя для многих перелет кончится гибелью. У людей в подобном совместном порыве поражает то, что он, с одной стороны, стихийно несвободен, как, скажем, лесной пожар или любое другое естественное явление природы; а с другой стороны, в поддавшемся ему индивиде он порождает ощущение крайней свободы. Молодой человек, участвующий во всенародном движении, сбрасывает с себя весь груз повседневных забот и тревог. Там, где речь идет о жизни и смерти, мелкие сомнения, стеснявшие прежде жизнь, уже не идут в расчет. Где надо всеми силами стремиться к одной цели, победе, там жизнь становится простой и ясной, как никогда. Нет, пожалуй, более прекрасного описания этой исключительной ситуации в жизни молодого человека, чем песня рейтара в шиллеровском «Валленштейне». Вы, конечно, помните заключительные строки: «И если жизнью не рисковать, то жизни вам никогда не видать»¹⁴. Вероятно, это действительно так, и все же вопреки этому, нет, именно поэтому надо прилагать все усилия, чтобы не было войн; а тем самым надо стараться, чтобы не возникали даже те ситуации напряженности, из которых возникают войны. С этой точки зрения хорошо, например, то, что мы вот путешествуем вдвоем здесь в Дании.

— Я хотел бы задать еще один вопрос,— продолжил я беседу,— Вы упомянули о прусской дисциплине, которая не по душе людям в других странах. Я сам вырос в Южной Германии и, соответственно, по традиции и воспитанию имею иной образ мысли, чем люди, скажем, между Магдебургом и Кенигсбергом. Но эти нормы пусской жизни — подчинение индивида общей задаче, непритязательность в жизненных привычках, честность и неподкупность, рыцарство,

пунктуальное выполнение долга — надо сказать, всегда производили на меня большое впечатление. Даже если эти принципы были позднее использованы во зло политическими силами, я не могу их недооценивать. Почему Ваши соотечественники здесь в Дании, например, относятся ко всему этому иначе?

— Я полагаю,— сказал Бор,— мы очень даже в состоянии оценить достоинства этого прусского воспитания. Но мы предпочитаем, чтобы каждый отдельный человек имел больше простора в своих чаяниях и жизненных планах, чем это допускает прусская норма. Мы способны по-настоящему присоединиться к какому-то сообществу только тогда, когда его составляют очень свободные люди, среди которых каждый полностью признает права другого. Свобода и независимость отдельного человека для нас важнее, чем могущество, добытое через всеобщую дисциплину. Очень интересно то, что подобные жизненные формы часто определяются историческими прообразами, живущими, собственно говоря, лишь в виде мифа или саги, но еще обнаруживающими свою силу. Прусская норма, как мне представляется, следует прообразу рыцаря-монаха, принесшего обеты бедности, целомудрия и послушания, распространяющего христианское учение в борьбе против неверных и потому ощущающего над собой божественное покровительство. Мы в Дании вместо этого предпочитаем героев исландских саг, поэта и воина Эгиля, сына Скаллагрима, который уже трех лет от роду против воли отца вывел лошадь из стойла и много миль скакал за ним вслед. Или мудрого Ньяля, который был более сведущ в законах, чем кто бы то ни было в Исландии, и потому приглашался на совет во всех спорных случаях. Эти люди или их предки переселились в Исландию потому, что не хотели жить под игом могущественных норвежских конунгов. Для них было невыносимо, что конунг мог потребовать от них участия в военном походе, возглавляемом этим конунгом, а не ими самими. Они были храбрыми, воинственными людьми и, боюсь, жили в основном морским грабежом. Если Вы будете читать саги, то, наверное, ужаснетесь тому, как много там говорится о битвах и убийствах. Но эти воины хотели прежде всего быть свободными и именно потому уважали право других быть такими же свободными. Борьба шла за имущество или честь, а не за власть над другими. Разумеется, теперь нельзя уже сказать, в какой мере наши саги соответствуют историческим событиям. Но в этих сжатых, по-летописному простых рассказах о том, что происходило в Исландии, кроется большая поэтическая сила, и потому не так уж удивительно, что образы саг еще сегодня определяют наши представления о свободе. Кстати, и в Англии, где норманны первоначально играли большую роль, образ жизни несет на себе печать этого духа независимости. Английская форма демократии, честность и уважение к чужим взглядам и интересам, высокая оценка права происходят, возможно, из того же источника. Если англичанам удалось построить великую мировую державу, то здесь, несомненно, определенную роль играли именно эти национальные черты. Но, ко-

нечно же, англичане в отдельных случаях применяли не меньше насилия, чем древние викинги.

Между тем день клонился к вечеру. Мы шли вдоль самого берега моря, минуя небольшие рыбацкие поселки, и могли теперь в лучах низкого солнца легко различить по ту сторону Зунда шведский берег, отдаленный здесь от датского лишь на несколько километров. Когда мы достигли Эльсинора, уже начало темнеть. Но мы еще сделали короткий обход внешних сооружений замка Кронборг, который господствует над мореходным путем в самом узком месте Зунда и на крепостных стенах которого еще стоят старые орудия, символы былого могущества. Бор стал рассказывать мне об истории замка. Датский король Фридрих II построил его в конце XVI века как укрепление в стиле нидерландского Ренессанса. Высоко поднятые крепостные валы и далеко выдвинувшийся в воды Зунда бастион, напоминали о том, что крепость была оплотом военной силы. Ее казематы еще использовались в Шведской войне XVII века как помещения для пленных. Но, стоя в сумерках на бастионе возле старых пушек и скользя взглядом то по парусным судам в Зунде, то по высокому ренессансному строению, мы явственно ощущали, какая гармония может исходить от места, где до конца отгремели былые бои. Словно еще чувствуешь веяния сил, когда-то гнавших людей друг против друга, разрушавших корабли, вызывавших победное ликование и крики отчаяния, но вместе с тем знаешь, что они уже не опасны, что они уже не могут придать жизни свои черты или исказить ее. Совершенно непосредственно, почти телесно ощущаешь покой, простертый над всем этим пейзажем.

С замком Кронборг или, вернее, с местом, где он стоит, связано также сказание о Гамлете, датском принце, который сошел или делал вид, что сошел с ума, чтобы избежать опасности со стороны своего дяди-убийцы. Рассказав об этом, Бор прибавил: «Неудивительно ли, что замок становится иным, как только представишь, что здесь жил Гамлет? Согласно нашей науке, следовало бы считать замок состоящим из камней; мы наслаждаемся формами, в которые их сложил архитектор. Камни, зеленая крыша с ее патиной, деревянная резьба в церкви действительно составляют замок. Во всем этом ровно ничего не меняется, когда мы узнаем, что здесь жил Гамлет, и тем не менее он вдруг становится другим замком. Стены и крепостные валы сразу начинают говорить другим языком. Двор замка становится целым миром, темный закоулок напоминает о мраке человеческой души, мы слышим вопрос: «Быть или не быть?» По сути дела, мы почти ничего не знаем о Гамлете. Только одна краткая запись в хронике XIII века содержит как будто упоминание имени «Гамлет». Никто не может доказать, что он действительно существовал, не говоря уж о том, жил ли он в этом замке. Но каждый из нас знает, какие вопросы связал Шекспир с этим образом, какие бездны он при этом осветил, так что созданный им образ непременно должен был получить место на земле, и он нашел себе место здесь, в Кронборге. Но как только мы об этом узнаем, Кронборг становится вдруг другим замком».

Пока мы вели такие беседы, сумерки уже почти перешли в ночь, холодный ветер подул над Зундом и побудил нас к бегству.

На следующее утро ветер еще усилился. Небо было выметено дочиستا, и поверх светло-синих волн Балтийского моря можно было легко различить на севере шведский берег вплоть до мыса Куллен. Наш путь пролегал вдоль северного края острова на запад. Берег здесь поднимается на 20—30 метров выше уровня моря, местами круто обрываясь к кромке воды. Вид мыса Куллен навел Бора на новые мысли: «Вы в Мюнхене выросли в непосредственной близости гор, и Вы мне рассказывали о своих неоднократных горных походах. Я понимаю, что для жителя гористых местностей наша земля слишком равнинна. Так что Вам, возможно, трудно свыкнуться с моей родиной. Но для нас море исключительно важно. Когда мы глядим на море, нам кажется, что мы впитываем частицу бесконечности».

— Это очень заметно,— отвечал я,— и мне уже бросилось в глаза, например, по лицу рыбака, которого мы видели вчера на пляже, что взор человека направлен здесь в даль и совершенно спокоен. У нас в горах все иначе. Там взор переходит от случайных деталей ближайшего окружения к замысловатым очертаниям скал или обледенелых пиков и скользит мимо них прямо к небу. Может быть, поэтому у нас люди так жизнерадостны.

— У нас в Дании только одна гора,— продолжал Бор,— высотой 160 метров, и за такую величину мы называем ее «Небесной горой». Рассказывают историю об одном нашем соотечественнике, который пожелал показать нашу гору своему норвежскому другу, чтобы произвести на него впечатление нашим пейзажем. Но гость будто бы лишь презрительно отвернулся и сказал: «Мы в Норвегии называем такое лощиной». Надеюсь, что Вы не будете столь же строги с нашим ландшафтом. Но расскажите мне еще что-нибудь о путешествиях, которые Вы совершаете со своими друзьями. Я хотел бы знать поподробнее, как у Вас все организовано.

— Мы часто по несколько недель идем пешком. Например, прошлым летом мы двигались через Рён до южных предгорий Гарца и оттуда через Иену и Веймар назад по Тюрингскому лесу до Бамберга. Когда достаточно тепло, мы спим просто в лесу под открытым небом, но чаще в палатке, а когда погода становится слишком плохой, то у крестьян на сене. Иногда, чтобы заслужить себе такую квартиру, мы помогаем крестьянам с уборкой урожая, а если работа ладится, то, бывает, нас великолепно кормят. А вообще мы варим сами, большей частью у костра в лесу, и вечерами при свете костра читаем вслух какие-нибудь истории или поем и музицируем. Участниками нашего молодежного движения собрано много старых народных песен, которые мы потом расписали в многоголосном исполнении со скрипичным или флейтовым аккомпанементом. Такая музыка доставляет нам много радости, и, даже не будучи слишком хорошими музыкантами, мы находим, что нередко наше пение звучит очень красиво. Иной раз мы чувствуем себя в роли бездомных странников конца средневековья, сравнивая катастрофу последней войны и по-

следовавшие за ней внутренние битвы с безысходной смутой Тридцатилетней войны, от печальных времен которой дошли до нас, возможно, многие из этих великолепных народных песен. Чувство сродства этих двух эпох, похоже, совершенно произвольно овладело молодежью во многих частях Германии. Так, однажды совершенно незнакомый мне молодой человек остановил меня на улице и сказал, что мне следует поехать в долину Альтмюля, где в старом рыцарском замке должна собраться молодежь. И действительно, толпы молодых людей со всех сторон стеклись к Пруннскому замку, который в очень живописном месте Франконской Юры смотрит на долину Альтмюля с вершины почти отвесной скалы. Я тогда снова был захвачен чарами, способными исходить от спонтанно образовавшейся общности, как в день 1 августа 1914 года, о котором мы говорили вчера. Впрочем, наше молодежное движение очень мало занимается политическими вопросами.

— Описываемая Вами жизнь действительно выглядит очень романтической, и я бы, наверное, испытывал сильное искушение принять в ней участие. Мне кажется, что тут опять как будто бы действует идеальный образ рыцарского ордена, упоминавшийся нами вчера. Но у Вас ведь не требуют для вступления в группу давать какие-то обеты, как, говорят, это принято у франкмасонов?

— Нет, не существует никаких писаных или хотя бы устных правил, которых каждый был бы обязан придерживаться. К подобным ритуалам многие из нас отнеслись бы насмешливо. Впрочем, в каком-то смысле можно, пожалуй, сказать, что существуют реально соблюдаемые правила, хотя никто этого не требует. Так, например, не принято курить, алкоголь употребляется лишь очень редко, одеваемся мы, на взгляд наших родителей, слишком просто и небрежно, и я не могу себе представить, чтобы кто-то из наших интересовался ночной жизнью и ночными заведениями, хотя никаких принципиальных норм тут не установлено.

— А что будет, если кто-то все же нарушит эти невидимые правила?

— Не знаю, может быть, его просто высмеют. Но их как раз никогда не нарушают.

— Не поразительно ли, не величественно ли даже,— сказал Бор,— что древние образы обладают такой силой, что даже столетия спустя формируют жизнь людей, без всяких писаных правил и без внешнего принуждения? Два первых правила монашеского обета, о которых мы говорили вчера, все еще дают о себе знать. Просто в наше время они сводятся к умеренности в быту и готовности вести более суровый образ жизни. Но надеюсь, что третье правило, послушание, не слишком рано вступит в действие; ибо тогда могут возникнуть большие политические опасности. Как я уже говорил, исландцев Эгиля и Ньяля я ценю намного выше, чем прусских магистров рыцарского ордена.

Однако Вы говорили мне, что пережили гражданскую войну в Мюнхене. В таком случае, у Вас должны были возникнуть свои

мысли по общим вопросам государственной жизни. Как Ваша позиция в отношении вставших в то время политических проблем связана с Вашей деятельностью в молодежном движении?

— В гражданской войне,— отвечал я,— мои симпатии были на стороне правительственных войск, потому что борьба представлялась мне бессмысленной, и я надеялся, что так она скорее придет к концу. Но как раз по отношению к нашим тогдашним противникам у меня была очень нечистая совесть. Ведь простые люди, в том числе рабочие, так же беззаветно сражались в войне за победу, как и все другие, они приносили жертвы наравне с другими; их критика в адрес тогдашнего правящего слоя была совершенно справедлива, ибо правители поставили перед немецким народом явно неразрешимую задачу. Поэтому мне казалось крайне важным после окончания гражданской войны как можно скорее войти в дружеский контакт с рабочими и простыми людьми. Такой взгляд разделяли и широкие круги молодежного движения. Мы, например, помогали тогда, четыре года назад, организации в Мюнхене народных университетов, и я был настолько самонадеян, что устроил ночные занятия по астрономии, на которых под открытым небом демонстрировал доброй сотне рабочих вместе с их женами созвездия, рассказывал о движении планет, их отдаленности от нас и пытался заинтересовать их строением нашей Галактики. Кроме того, я какое-то время перед аналогичной аудиторией вел вместе с одной молодой дамой курс по немецкой опере. Она пела арии, а я аккомпанировал ей на фортепиано, после чего она что-то рассказывала об истории и внутренней композиции оперы. Разумеется, это был откровенный дилетантизм; но думаю, что аудитория, по достоинству оценивая наши добрые намерения, получала от наших лекций не меньше удовольствия, чем мы сами. В то время вообще многие молодые люди из нашего движения обратились к профессии учителей народных школ, и не исключено, что сейчас в наших народных школах учителя лучше, чем в так называемых средних школах.

Я легко могу понять, что немецкое молодежное движение считают за границу слишком романтичным и идеалистическим, опасаясь, как бы столь большая активность не направилась в ложном политическом направлении. Но я пока не боюсь этого. От нашего движения все-таки исходит много хороших начинаний. Я имею в виду, скажем, вновь пробудившийся интерес к старинной музыке, к Баху и к церковной и народной музыке до его эпохи; усилия по созданию нового, более народного художественного ремесла, изделия которого попадали бы не только в руки богатых; попытки пробудить в широких слоях любовь к настоящему искусству путем создания любительских драматических или музыкальных кружков.

— Это хорошо, что Вы так оптимистически настроены,— заметил Бор.— Однако в газетах время от времени приходится читать и о темных антисемитских течениях в Германии, явно разжигаемых демагогами. Не сталкивались ли Вы с чем-либо подобным?

— Да, в Мюнхене такие группы играют определенную роль.

Они связаны со старыми офицерами, которые никак не могут смириться с поражением в последней войне. Но мы, надо сказать, не принимаем эти группы слишком всерьез. Нельзя же строить разумную политику на голом чувстве обиды. Всего хуже, по-моему, то, что есть хорошие ученые, болтающие вслед за другими подобную чушь.

Я рассказал о своем огорчении на конференции естествоиспытателей в Лейпциге, где борьба против теории относительности велась политическими средствами. Никто из нас тогда не догадывался, какие страшные последствия возникнут позднее из этих, казалось, не таких уж важных политических aberrаций. Но об этом пока еще рано говорить. В то время ответ Бора непосредственно касался в равной мере неразумных старых офицеров и того физика, который не мог примириться с теорией относительности. «Видите ли, здесь я опять ясно ощущаю, что английская норма в некоторых аспектах превосходит прусскую. В Англии к высшим добродетелям принадлежит умение великодушно проигрывать. У пруссаков терпеть поражение позорно, хотя среди них делом чести победителя считается благодарное обращение с побежденным; это вполне заслуживает похвалы. В Англии, наоборот, уважают того побежденного, который способен быть великодушным к победителю, способен признать свое поражение и переносить его без всякой горечи. Это, пожалуй, дается тяжелее, чем великодушие победителя. Но побежденный, способный вести себя подобным образом, тем самым уже как бы снова поднимается до ранга победителя. Он остается свободным среди других свободных. Вы понимаете, что я опять заговорил о действии древних прообразов. Возможно, это делает меня в Ваших глазах романтиком, но для меня все это серьезнее, чем Вы, пожалуй, думаете».

— Нет, я прекрасно понимаю, что это серьезно,— только и мог я согласиться.

За такими беседами мы дошли до Гиллелее, места летнего отдыха, лежащего на северной оконечности острова Зеландия, и брели по песчаному пляжу, летом усыпанному толпами радостных купальщиков. Но в тот холодный день мы были единственными посетителями. И поскольку на берегу у воды было много гладких, плоских камешков, мы упражнялись в бросании их так, чтобы они скользили по воде или попадали в старые берестяные корзины и бревна, качавшиеся на воде в некотором отдалении от берега как добыча прибоя. Бор рассказал по этому случаю, как однажды вскоре после войны побывал на здешнем пляже с Крамерсом. Они увидели у берега полузатонувшую немецкую мину; ее взрыватель был ясно виден над поверхностью воды. Они попытались попасть во взрыватель, но лишь задели несколько раз мину, пока не сообразили, что никогда ничего не смогут узнать об успехе своего броска, потому что взрыв еще раньше лишит их жизни. Тогда они переключились на другие цели. Попытки попасть камнями в отдаленные предметы возобновлялись и в продолжении нашего дальнейшего похода, и тут

снова представился случай заговорить о силе мысленных образов. Я как-то увидел у дороги впереди нас телеграфный столб, еще настолько далекий от нас, что, лишь бросая изо всей силы, я мог надеяться вообще достать до него камнем. Против всякой вероятности я попал в него с первого броска. Бор задумался и сказал: «Если, стараясь взять прицел, рассчитывать, как следует бросать, как размахиваться, то никакой надежды попасть, конечно, не будет. Но если вопреки всем разумным соображениям представить, что попасть все-таки можно, то тут уже дело другое, тут явно что-то может получиться». Мы потом еще долго говорили о значении образов и представлений в атомной физике, но здесь не место описывать эту часть разговора.

Ночь мы провели в уединенной гостинице на опушке леса у северо-западной оконечности острова, а на следующее утро Бор показал мне еще и свой загородный дом в Тисвальде, где позднее велось так много бесед об атомной физике. Но в это время года он еще не был оборудован для посещений. На обратном пути в Копенгаген мы ненадолго задержались в Хиллерее, чтобы взглянуть на знаменитый замок Фредериксборг, праздничное ренессансное строение в нидерландском стиле, окруженное озером и парком и явно служившее когда-то для охотничьих забав королевского двора. Можно было легко видеть, что интерес Бора к старому Кронборгу, замку Гамлета, был больше, чем к этому несколько игривому строению эпохи, культивировавшей придворную утонченность. Так что разговор вскоре снова перешел на атомную физику, которой впоследствии суждено было завладеть всеми нашими помыслами и заполнить собой, пожалуй, важнейшую часть нашей жизни.

V. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И БЕСЕДА С ЭЙНШТЕЙНОМ (1925—1926)

Развитие атомной физики в те критические для нее годы происходило так, как предсказывал Нильс Бор во время нашей прогулки по Хайнбергу. Трудности и внутренние противоречия, стоявшие на пути понимания атомов в их стабильности, не удавалось ни преодолеть, ни хотя бы сгладить. Напротив, они выступали со все большей остротой. Всякая попытка справиться с ними, полагаясь на понятийный аппарат прежней физики, казалась заранее обреченной на провал.

Так было, к примеру, с открытием американца Комптона, установившего, что свет (точнее, рентгеновское излучение) изменяет свою частоту при рассеянии на электронах¹⁵. Этот результат можно было объяснить, приняв, что свет, как это предложил Эйнштейн, состоит из малых частиц, или порций энергии, которые с большой скоростью движутся в пространстве и иногда, как при явлениях рассеяния, сталкиваются с электроном. С другой стороны, имелось много экспериментов, из которых явствовало, что свет отличается от радиоволн не принципиально, а лишь более короткой длиной волны, и что луч света — это волна, а не поток частиц. Очень странными были и данные измерений, проведенных голландцем Орнштейном. Здесь речь шла об определении соотношений интенсивности спектральных линий, объединяемых в так называемый мультиплет. Эти соотношения оказалось возможным рассчитать с помощью теории Бора. Выяснилось, что, хотя выведенные из теории Бора формулы при первом приближении не дают точного результата, однако после их незначительного видоизменения можно прийти к новым формулам, по-видимому, в точности соответствующим данным экспериментов. Мы мало-помалу учились приспособляться к трудностям, привыкали к тому, что понятия и образы, перенесенные из прежней физики в сферу атома, верны там лишь наполовину, а наполовину ложны, и что поэтому нельзя требовать при их применении слишком большой точности. С другой стороны, при умелом использовании этой свободы иногда удавалось просто угадать верную математическую формулировку отдельных частных случаев.

На семинарах, проходивших под руководством Макса Борна в летний семестр 1924 года в Геттингене, уже говорилось поэтому о новой дисциплине — квантовой механике, призванной позднее занять место старой ньютоновской механики, хотя ее контуры вырисовывались лишь пунктирно. В последовавший затем зимний се-

местр, когда я снова приехал на время поработать в Копенгаген, пытаюсь развить намеченную Крамерсом теорию так называемых дисперсионных явлений, наши усилия были сосредоточены не столько на том, чтобы вывести верные математические соотношения, сколько на том, чтобы угадать их, исходя из предполагаемой аналогии с формулами классической теории.

Думая о состоянии, в каком находилась в те месяцы атомная теория, я всегда вспоминаю об одном походе по горам между Кройтом и Ахензее, который я вместе с несколькими своими друзьями по молодежному движению предпринял поздней осенью 1924 года. В долине тогда стояла пасмурная погода, на горах низко висели облака; при восхождении туман все плотнее смыкался вокруг нашей все более узкой тропинки, и через некоторое время мы попали в совершенно хаотическое нагромождение скал и горных сосен, при всем желании уже не видя никакой дороги. Мы пытались все же подняться выше, хотя нас тревожила мысль о том, сумеем ли мы в случае необходимости найти путь назад. Но при дальнейшем восхождении произошла странная перемена. Туман делался местами так густ, что мы теряли друг друга из виду и могли подавать сигналы только окликами. Вместе с тем над нами становилось светлее. Освещенность начала меняться. Мы, наверное, попали в область движущихся клочьев тумана, и вдруг в промежутке между двумя облаками увидели яркий, освещенный солнцем край высокой скалы, о существовании которой мы уже догадывались по своей карте. Нескольких проблесков такого рода оказалось достаточно, чтобы мы составили себе ясную картину горного ландшафта, лежавшего впереди и выше нас, а еще через десять минут крутого подъема мы уже стояли под ярким солнцем на седловине над морем облаков. На юге совершенно явственно различались пики Зоннвендского массива, а позади них — снежные вершины Центральных Альп, и относительно пути нашего дальнейшего восхождения не было никаких сомнений.

В атомной физике зимой 1924/25 года мы уже явно вошли в ту область, где туман часто бывал еще непроглядно густ, но над нами, так сказать, становилось уже светлее. Переменчивая степень ясности предвещала возможность решающих прозрений.

Возобновляя в летний семестр 1925 года свою работу в Геттингене — с июля 1924 года я был приват-доцентом в тамошнем университете,— я начал свои научные исследования с попытки угадать правильные формулы интенсивности линий спектра водорода, используя метод, сходный с тем, который был апробирован в нашей совместной с Крамерсом работе в Копенгагене. Эта попытка не удалась. Я увяз в непролазных дебрях сложных математических формул, из которых не находил никакого выхода. Однако в итоге этой попытки у меня упрочилось мнение, что не следует задаваться вопросом об орбитах электронов в атоме и что совокупность частот колебаний и величин (так называемых амплитуд), определяющих интенсивность линий спектра, может служить полноценной заменой

орбитам. Во всяком случае, эти величины можно было как-никак непосредственно наблюдать. Рассмотрение лишь этих величин в качестве определяющих параметров атома было вполне в духе той философии, которую представлял в качестве позиции Эйнштейна наш друг Отто Лапорт во время нашей велосипедной поездки вдоль Вальхензее. Моя попытка осуществить подобный план, исследуя атом водорода, провалилась из-за сложности проблемы. Я стал тогда искать математически более простую механическую систему, где можно было бы справиться с расчетами. Такой системой явился маятник или, шире, так называемый ангармонический осциллятор, применяемый в атомной физике, например в качестве модели внутримолекулярных колебаний. Моим планам скорее помогло, чем помешало, одно внешнее препятствие.

В конце мая 1925 года я так неприятно заболел сенной лихорадкой, что вынужден был просить Борна об освобождении меня на 14 дней от моих обязанностей. Мне захотелось поехать на остров Гельголанд, чтобы на морском воздухе вдали от цветущих деревьев и лугов справиться со своей болезнью. По прибытии на Гельголанд я, наверное, производил очень плачевное впечатление со своим распухшим лицом, ибо хозяйка, у которой я снял комнату, сказала, что я, видно, накануне крепко с кем-то сцепился, но уж она-то обязательно приведет меня снова в порядок. Моя комната находилась на втором этаже ее дома, расположенного высоко на южном берегу этого скалистого острова так, что из окон открывался великолепный вид на нижнюю часть города, лежащие за ним дюны и море. Сидя на балконе, я не раз имел повод задуматься над замечанием Бора о том, что при взгляде на море человек словно впитывает крупицу бесконечности.

На Гельголанде, кроме ежедневных прогулок в горы и через дюны к купальням на берегу, у меня не было никакого другого повода отвлекаться от своей проблемы, поэтому я продвигался вперед быстрее, чем это было бы возможно в Геттингене. Несколько дней оказалось достаточно, чтобы отбросить математический балласт, всегда неизбежно накапливающийся в подобных случаях, и найти простую математическую формулировку моего вопроса. Еще через несколько дней стало ясно, чем именно следует заменить квантовые условия Бора—Зоммерфельда в такой физике, в которой должны фигурировать только наблюдаемые величины. Складывалось также отчетливое ощущение, что вместе с этим добавочным условием центральный пункт теории уже сформулирован, и после этого уже не остается места для произвола. Потом я заметил, однако, что пока еще ведь нет гарантии того, что возникающая у меня математическая схема может быть реализована непротиворечивым образом. В частности, было совершенно неясно, соблюдается ли в ней закон сохранения энергии, а я прекрасно сознавал, что без закона сохранения энергии вся схема утрачивает какую-либо ценность. С другой стороны, в моих расчетах было много признаков того, что вырисовывающаяся передо мной схема и в самом деле может быть раз-

вернута непротиворечивым образом, лишь бы удалось показать соблюдение ею закона сохранения энергии. Итак, я все больше сосредоточивал свои усилия на вопросе о соблюдении закона сохранения энергии, и как-то вечером продвинулся настолько далеко, что сумел с помощью довольно-таки громоздких, по теперешним масштабам, вычислений определить отдельные члены энергетической таблицы, или, как сегодня говорят, матрицы энергии. Когда относительно первых членов закон сохранения энергии действительно подтвердился, мною овладело такое возбуждение, что в последующих вычислениях я постоянно делал ошибки. Было поэтому уже три часа ночи, когда передо мной лежал окончательный результат расчетов. Закон сохранения энергии сохранял силу для всех членов, а поскольку все это получилось как бы само собой, так сказать, без всякого принуждения,— я уже не мог более сомневаться в математической непротиворечивости и согласованности наметившейся тут квантовой механики. В первый момент я до глубины души испугался. У меня было ощущение, что я гляжу сквозь поверхность атомных явлений на лежащее глубоко под нею основание поразительной внутренней красоты, и у меня почти кружилась голова от мысли, что я могу теперь проследить всю полноту математических структур, которые там, в глубине, развернула передо мной природа. Я был так взволнован, что не мог и думать о сне. Поэтому я вышел в уже начинавшихся рассветных сумерках из дома и направился к южной оконечности острова, где одиноко выступавшая в море скала-башня всегда дразнила во мне охоту взобраться на нее. Мне удалось это сделать без особых трудностей, и я дождался на ее вершине восхода солнца.

То, что открылось моему взору гельголандской ночью, было, конечно, немногим более, чем освещенный солнцем край скалы в горах над Ахензее. Однако обычно такой критичный Вольфганг Паули, которому я сообщил о своих результатах, поощрил меня двигаться далее во взятом направлении. В Геттингене Борн и Иордан взяли за реализацию этой новой возможности. Молодой англичанин Дирак в Кембридже разработал собственные математические методы решения возникших здесь проблем, и уже через несколько месяцев интенсивной работы этих физиков была возведена весьма совершенная, внутренне связанная математическая постройка, в отношении которой можно было надеяться, что она действительно удовлетворяет разнообразным экспериментальным данным атомной физики. О той крайне напряженной работе, которая в последующее время по несколько месяцев кряду не давала нам вздохнуть, рассказывать здесь не место. Но стоит сообщить о беседе с Эйнштейном, происшедшей после моего доклада о новой квантовой механике в Берлине.

Берлинский университет считался тогда оплотом физической науки в Германии. Здесь работали Планк, Эйнштейн, фон Лауэ и Нернст. Здесь Планк открыл квантовую теорию, а Рубенс подтвердил ее своими измерениями теплового излучения, и здесь же Эйн-

штейн в 1916 году сформулировал общую теорию относительности и теорию гравитации. Центром научной жизни являлся физический коллоквиум, который восходил еще к традиции времен Гельмгольца и на который большей частью в полном составе приходили профессора физики. Весной 1926 года я был приглашен сообщить в рамках этого коллоквиума о недавно возникшей квантовой механике. Поскольку тут мне впервые представлялась возможность лично познакомиться с носителями прославленных имен, я не пожалел усилий, чтобы как можно яснее изложить понятия и математические основания новой теории, столь непривычные для тогдашней физики, и мне удалось пробудить интерес некоторых присутствовавших, особенно Эйнштейна. Эйнштейн попросил меня после коллоквиума зайти к нему домой с тем, чтобы мы смогли подробно обсудить новые идеи.

По пути он осведомился о ходе моей учебы и о моих прежних интересах в физике. Однако стоило нам войти в его квартиру, он тут же начал разговор с вопроса, касающегося философских предпосылок моей работы: «То, что Вы нам рассказали, звучит очень непривычно. Вы предполагаете, что в атоме имеются электроны, и здесь Вы, наверное, совершенно правы. Но что касается орбит электронов в атоме, то Вы хотите их совсем упразднить, несмотря на то, что траектории электронов в камере Вильсона можно наблюдать непосредственно. Не могли бы Вы несколько подробнее разъяснить причины столь странного подхода?»

— Орбиты электронов в атоме наблюдать нельзя,— так примерно отвечал я,— но по излучению, исходящему от атома при разрядке, можно непосредственно заключить о частотах колебаний и о соответствующих амплитудах электронов в атоме. Знание всех колебаний и амплитуд в математическом выражении — это ведь и по понятиям прежней физики может служить чем-то вроде эрзаца знания электронных орбит. Поскольку же разумно включать в теорию только величины, поддающиеся наблюдению, мне казалось естественным допустить лишь эти данные, так сказать, в качестве представителей орбит электронов.

— Но неужели Вы всерьез думаете,— возразил Эйнштейн,— что в физическую теорию можно включать лишь наблюдаемые величины?

— А разве не Вы сами,— спросил я в изумлении,— положили именно эту идею в основу своей теории относительности? Вы ведь подчеркивали, что нельзя говорить об абсолютном времени потому, что это абсолютное время невозможно наблюдать: для определения времени значимы лишь показания часов, будь то в подвижной или в покоящейся системе отсчета.

— Возможно, я и пользовался философией этого рода,— отвечал Эйнштейн,— но она тем не менее чувшь. Или, сказал бы я осторожнее, помнить о том, что мы действительно наблюдаем, а что нет, имеет, возможно, некоторую эвристическую ценность. Но с принципиальной точки зрения желание строить теорию только на наблюда-

емых величинах совершенно нелепо. Потому что в действительности все ведь обстоит как раз наоборот. Только теория решает, что именно можно наблюдать. Видите ли, наблюдение, вообще говоря, есть очень сложная система. Подлежащий наблюдению процесс вызывает определенные изменения в нашей измерительной аппаратуре. Как следствие, в этой аппаратуре разворачиваются дальнейшие процессы, которые в конце концов косвенным путем воздействуют на чувственное восприятие и на фиксацию результата в нашем сознании. На всем этом долгом пути от процесса к его фиксации в нашем сознании мы обязаны знать, как функционирует природа, должны быть хотя бы практически знакомы с ее законами, без чего вообще нельзя говорить, что мы что-то наблюдаем. Таким образом, только теория, т. е. знание законов природы, позволяет нам логически заключать по чувственному восприятию о лежащем в его основе процессе. Поэтому вместо утверждения, что мы можем наблюдать нечто новое, следовало бы по существу выражаться точнее: хотя мы намереваемся сформулировать новые законы природы, не согласующиеся с ранее известными, мы все же предполагаем, что прежние законы природы на всем пути от наблюдаемого явления до нашего сознания функционируют достаточно безотказным образом, чтобы мы могли на них полагаться, а следовательно, говорить о «наблюдениях». Например, в теории относительности предполагается, что даже в движущейся системе отсчета световые лучи, идущие от часов к глазу наблюдателя, функционируют в общем и целом точно так же, как от них можно было ожидать и прежде. И Вы в своей теории совершенно очевидно исходите из того, что весь механизм светового излучения, от колеблющегося атома до спектрального прибора или до глаза, функционирует в точности так, как всегда от него ожидалось, т. е., по существу, по законам Максвелла. Не будь это так, Вы вовсе не могли бы наблюдать величины, которые называете наблюдаемыми. Ваше утверждение, что Вы вводите только наблюдаемые величины, есть по сути дела некое предположение о свойстве теории, которую Вы пытаетесь сформулировать. Вы предполагаете, что Ваша теория не затрагивает прежнего описания процессов излучения в интересующих Вас пунктах. Вы тут, возможно, правы, но это никоим образом не достоверно.

Я был крайне поражен такой позицией Эйнштейна, хотя его аргументы были мне вполне понятны, и поэтому я переспросил: «Идея, что теория есть, собственно, лишь подытоживание наблюдений по принципу экономии мышления принадлежит, вообще говоря, физику и философу Маху; причем не раз утверждалось, что Вы в теории относительности опирались решающим образом именно на эту идею Маха. Но сказанное Вами сейчас идет, по-видимому, в прямо противоположном направлении. Что же я теперь должен думать, или, точнее, что Вы сами думаете по этому вопросу?»

— Это очень долгая история, но если Вы желаете, мы можем поговорить об этом подробнее. Понятие экономии мышления у Маха содержит, надо думать, какую-то долю истины, но для меня оно

как-то слишком банально. Приведу для начала пару аргументов в защиту Маха. Наше общение с миром совершается явным образом через наши чувства. Уже когда мы маленькими детьми учимся говорить и думать, мы делаем это за счет возможности обозначить одним словом — скажем, словом «мяч» — очень сложный, но внутренне как-то взаимосвязанный ряд чувственных впечатлений. Мы узнаем слово от взрослых и испытываем удовлетворение оттого, что способны объясниться с ними. Мы вправе сказать поэтому, что образование слова и тем самым понятия «мяч» есть акт экономии мысли, поскольку оно дало нам простой способ объединить свои довольно-таки сложные чувственные впечатления. Мах совсем не касается здесь вопроса о том, какими психическими и телесными предпосылками должен обладать человек — в данном случае маленький ребенок, — чтобы начался процесс взаимопонимания. У животных он, как известно, функционирует намного хуже. Но это уже другая тема. Мах полагает, далее, что формирование естественнонаучных теорий — порой очень сложных — происходит принципиально аналогичным образом. Мы пытаемся единообразно упорядочить феномены, свести их к чему-то простому до тех пор, пока не удастся с помощью небольшого числа понятий осмыслить какую-нибудь достаточно большую группу явлений, и «понимание» означает здесь, собственно, не более чем способность охватить это многообразие явлений с помощью немногих простых понятий. Так вот, все это звучит весьма правдоподобно, но следует все-таки спросить, как понять сам принцип экономии мысли. Идет ли здесь речь о психологической или о логической экономии, иначе говоря, идет ли речь о субъективной или объективной стороне явления. Когда ребенок формирует понятие «мяч», достигается ли тут лишь психологическое упрощение, т. е. сложные чувственные впечатления подытоживаются в одном понятии, или мяч действительно существует? Мах, вероятно, ответил бы: «Утверждение, что мяч действительно существует, не содержит ничего, кроме констатации наличия легко обобщаемого комплекса чувственных впечатлений». Но тут Мах неправ. Ибо, во-первых, утверждение «мяч действительно существует» содержит массу высказываний о потенциальных чувственных впечатлениях, которые вероятным образом поступят к нам в будущем. Потенциальное, ожидаемое есть важная составная часть нашей действительности, о которой нельзя просто забыть, замечая один факт. И, во-вторых, надо учесть, что умозаключение от чувственных впечатлений к представлениям к вещам относится к основным предпосылкам нашего мышления, и если бы мы захотели говорить только о чувственных впечатлениях, то сами лишили бы себя языка и мышления. Иначе говоря, тот факт, что мир действительно существует, что в основе наших чувственных восприятий лежит нечто объективное, Мах обходит стороной. Я не собираюсь защищать наивный реализм, я-то уж знаю, какие трудные вопросы тут возникают, однако и понятие наблюдения у Маха мне кажется как-то уж слишком наивным. Мах поступает так, как если бы было уже известно,

что означает слово «наблюдать», и поскольку он надеется, что можно ускользнуть от решения о субъективности или объективности наблюдаемого, то в его понятие простоты и входит столь подозрительно коммерческая черта: экономия мысли. У этого понятия чересчур уж субъективная окраска. В действительности простота законов природы — тоже объективный факт, и тут следовало бы для корректности образования понятия привести субъективную и объективную стороны простоты в должное равновесие. Но это, видеть, слишком сложно. Однако вернемся лучше к предмету Вашего доклада. Боюсь, что именно в том пункте, о котором мы сейчас говорили, Вы в своей теории еще встретитесь позднее с трудностями. Объясню точнее. Вы ведете себя так, будто в сфере наблюдения можете все оставить в прежнем виде, т. е. будто Вы имеете право говорить на старом языке о том, что наблюдают физики. Но тогда Вам придется также сказать: в камере Вильсона мы наблюдаем траекторию проходящего через камеру электрона. А в атоме, на Ваш взгляд, никаких электронных орбит уже не оказывается! Это же, согласитесь, очевидная чушь. Нельзя ведь из-за простого уменьшения пространства, в котором движется электрон, отменять само понятие его траектории.

Мне пришлось в меру сил защищать новую квантовую механику: «Пока мы вообще еще не знаем, на каком языке можно говорить о том, что происходит внутри атома. У нас, правда, есть математический язык, т. е. математическая схема, с помощью которой мы можем вычислить стационарные состояния атома или вероятности перехода от одного состояния к другому. Но мы еще не знаем — по крайней мере полностью не знаем, — как этот язык связан с обычным языком. Разумеется, установить эту связь нам необходимо, чтобы иметь хотя бы возможность приложить теорию к экспериментам. Ведь об экспериментах мы всегда говорим на привычном языке, т. е. на языке классической физики. Я поэтому не могу утверждать, что мы уже поняли квантовую механику. Надеюсь, что математическая схема уже в полном порядке, однако ее связь с обычным языком еще не установлена. Лишь когда это удастся, появится надежда описать и траекторию электрона в камере Вильсона, не впадая во внутренние противоречия. Для разрешения описанных Вами трудностей просто пока еще время не подошло».

— Хорошо, пусть будет так, — сказал Эйнштейн; — как-нибудь через несколько лет снова поговорим об этом. Но, кажется, в связи с Вашим докладом я вынужден поставить еще один вопрос. В квантовой теории есть два очень разных аспекта. Она старается учитывать то, что справедливо подчеркивал прежде всего Бор, а именно устойчивость атомов, и предусматривает постоянное воспроизведение одних и тех же форм. С другой стороны, она описывает странную черту прерывности, дискретности в природе, что можно очень наглядно наблюдать, например, когда мы в темноте видим на люминесцентном экране световые вспышки, вызванные радиоактивным

препаратом. Разумеется, оба эти аспекта взаимосвязаны. В Вашей квантовой механике Вам приходится учитывать и тот, и другой аспекты. Вы умеете рассчитывать дискретные энергетические уровни стационарных состояний. Таким образом, Ваша теория способна, по-видимому, учитывать стабильность определенных форм, которые не могут беспрестанно переливаться друг в друга, но различаются между собой на конечные величины и явно способны формироваться каждый раз заново. Но что происходит при испускании света? Вам известно, что я попытался выработать представление, согласно которому переход атома с одного стационарного энергетического уровня на другой совершается в некотором смысле внезапно, причем разность энергий испускается в виде пакета энергии, так называемого светового кванта. Если это так, то вот Вам особенно яркий пример вашей прерывности. Считаете ли Вы верным такое представление? Могли бы Вы как-то точнее описать этот переход из одного стационарного состояния в другое?

В своем ответе мне пришлось сослаться на Бора: «Думаю, Бор хорошо показал, что о таком переходе вообще нельзя говорить в старых понятиях, во всяком случае, его нельзя описывать как процесс в пространстве и времени. Этим, конечно, еще очень мало что сказано. Собственно, только то и сказано, что мы тут ничего не знаем. Следует ли мне верить в световые кванты или нет, я решить не могу. Излучение явно заключает в себе момент дискретности, который Вы изображаете с помощью Ваших световых квантов. Но, с другой стороны, есть и явный элемент непрерывности, который дает о себе знать в явлениях интерференции и который проще всего описать с помощью волновой теории света. Конечно, Вы имеете полное право спросить, можно ли от квантовой механики, которая и сама-то пока еще по-настоящему не понятна, узнать что-либо новое в отношении этих устрашающе трудных вопросов. Я лично думаю, что на это, по крайней мере, можно надеяться. Не исключено, что мы получим интересную информацию при изучении атома, состоящего в энергообмене с другими атомами своего окружения или с полем излучения. Тогда можно будет поставить вопрос о колебаниях энергии в атоме. Если энергия меняется скачками, как то предполагается Вашей идеей световых квантов, то колебание, или, выражаясь математически более точно, средний квадрат колебаний будет больше, чем при плавном изменении энергии. Я склонен думать, что, исходя из квантовой механики, мы получим как раз это, большее значение и, следовательно, непосредственно увидим элемент дискретности. С другой стороны, следует ожидать, что мы обнаружим и момент непрерывности, дающий о себе знать в опытах с интерференцией. Возможно, переход из одного стационарного состояния в другое следует представлять себе аналогично тому, как в некоторых фильмах один кадр переходит в следующий. Этот переход происходит не вдруг, а так, что один кадр мало-помалу блекнет, другой медленно всплывает и становится ярче, так что некоторое время кадры накладываются друг на друга и неизвестно, что мы, собственно, видим.

Возможно, точно так же существует некое промежуточное состояние, когда неизвестно, находится ли атом на более высоком или более низком энергетическом уровне».

— Теперь, однако, Ваши мысли приняли очень опасное направление,— предостерег Эйнштейн.— Вы вдруг заговорили о том, что мы знаем о природе, а не о том, как природа ведет себя на самом деле. А ведь в естествознании речь может идти только о выяснении того, что реально делает природа. Очень может быть, что Вы и я знаем о природе что-то свое. Но кого это может интересовать? Поэтому, если Ваша теория верна, Вы должны рано или поздно суметь рассказать мне, как ведет себя атом, когда он, излучая, переходит из одного стационарного состояния в другое.

— Может быть,— ответил я нерешительно.— Однако мне кажется, что Вы слишком жестко пользуетесь языком. Впрочем, признаю, что все мои сегодняшние ответы имели пока характер пустой отговорки. Давайте тогда подождем и посмотрим, как атомная теория будет развиваться дальше.

Тут Эйнштейн оглядел меня несколькими критическим взглядом. «Почему Вы, собственно, так упрямо верите в Вашу теорию, когда многие основополагающие вопросы еще совершенно неясны?»

Кажется, я долго собирался с мыслями, прежде чем ответить на этот вопрос Эйнштейна. Однако затем сказал примерно следующее: «Я считаю, как и Вы, что простота природных законов носит объективный характер, что дело не только в экономии мышления. Когда сама природа подсказывает математические формы большой красоты и простоты,— под формами я подразумеваю здесь замкнутые системы основополагающих постулатов, аксиом и тому подобное,— формы, о существовании которых никто еще не подозревал, то поневоле начинаешь верить, что они «истинны», т. е. что они выражают реальные черты природы. Возможно, что в этих формах отразилось и наше отношение к природе, что в них есть и элемент экономии мысли. Но, поскольку человек не своими силами вырабатывает эти формы, а их нам открывает сама природа, они тоже относятся к самой действительности, а не только к нашим мыслям о действительности. Вы можете упрекнуть меня в том, что, говоря о простоте и красоте, я использую эстетический критерий истины. Однако должен признаться, что простота и красота математической схемы, подсказанной нам здесь природой, обладают для меня большой убеждающей силой. Ведь Вы тоже должны были пережить состояние, когда почти пугаешься от простоты и завершенной цельности закономерностей, которые природа вдруг разворачивает перед нами и которые для нас полная неожиданность. Чувство, охватывающее при таком озарении, принципиально отличается от удовлетворения, которое бывает, например, от сознания отлично выполненной профессиональной работы, будь то в физике или в другой сфере. Вот почему я и надеюсь, что упоминавшиеся выше трудности как-то удастся преодолеть. Простота математической схемы имеет здесь следствием еще и то, что она дает возможность спроекти-

ровать много экспериментов, результат которых можно по теории предсказать с большой точностью. Если такие эксперименты будут проведены и дадут предсказанный результат, то уж едва ли надо будет сомневаться в том, что теория в этой области правильно описывает природу».

— Конечно,— заметил Эйнштейн,— экспериментальное подтверждение является тривиальной предпосылкой правильности теории. Но ведь никогда нельзя проверить все. Тем интереснее для меня то, что Вы сказали относительно простоты. Впрочем, я никогда не стал бы утверждать, будто я действительно понял, что такое на самом деле эта простота природных законов.

Разговор о критериях истины в физике продолжался еще некоторое время, а потом я простился с Эйнштейном и встретился с ним лишь спустя полтора года на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе, где теоретико-познавательные и философские основы нашей теории еще раз стали предметом чрезвычайно острых дискуссий.

VI. ПРОРЫВ В НОВУЮ ЗЕМЛЮ (1926—1927)

Когда спрашивают, в чем, собственно, заключалось великое достижение Христофора Колумба, открывшего Америку, приходится отвечать, что дело было не в идее использовать шарообразную форму Земли для проникновения западным путем в Индию; эта идея уже рассматривалась другими. Дело было и не в тщательной подготовке экспедиции, в мастерском оснащении кораблей, что могли осуществить опять же и другие. Самым трудным в этом путешествии-открытии было, несомненно, решение оставить всю известную до тех пор землю и плыть так далеко на запад, чтобы возвращение назад с имеющимися припасами было уже невозможно.

Подобным же образом подлинно новую землю в науке можно открыть лишь тогда, когда вы в решающий момент готовы покинуть ту почву, на которой покоилась прежняя наука, и в известном смысле совершить прыжок в пустоту. Эйнштейн в своей теории относительности отказался от понятия одновременности, принадлежавшего к непоколебимым основам прежней физики, и именно на такой отказ от прежнего понятия одновременности не могли пойти многие, даже выдающиеся физики и философы, сделавшись ожесточенными противниками новой теории. Можно, пожалуй, сказать, что научный прогресс требует от того, кто ему призван содействовать, в общем лишь одного — восприятия и развития новых идей, люди науки к этому почти всегда готовы. Но когда приходится вступать на действительно новую землю, может случиться так, что мало воспринять содержание новых идей, надо еще и изменить саму структуру мышления, чтобы понять новое. К этому многие явно не расположены или не готовы. Насколько трудно бывает сделать этот решающий шаг, я впервые ясно ощутил на заседании естествоиспытателей в Лейпциге. Так что можно было ожидать, что и в квантовой механике настоящие трудности нам еще только предстоят.

В первые месяцы 1926 года, примерно в то же время, когда я делал свой доклад в Берлине, нам, геттингенцам, стала известна работа венского физика Шредингера, который подошел к проблемам атомной теории с совершенно новой стороны. Уже годом раньше во Франции Луи де Бройль обратил внимание на то, что странный дуализм волновых и корпускулярных представлений, делавший невозможным рациональное объяснение световых явлений, может играть роль также и в материи, например в электронах. Шредингер развил дальше эти идеи, сформулировав в виде волнового уравнения

закон, согласно которому волны материи распространяются под действием электромагнитного силового поля. В соответствии с этим представлением стационарные состояния атомной оболочки можно было уподобить стоячим волнам какой-либо системы, например колеблющейся струны, причем величины, ранее рассматривавшиеся как энергии стационарных состояний, здесь оказывались частотами стоячих волн. Результаты, полученные на этом пути Шредингером, очень хорошо соответствовали выводам новой квантовой техники, и Шредингеру очень скоро удалось доказать, что его волновая механика математически эквивалентна квантовой механике и что, следовательно, речь идет о двух различных математических формулировках того же самого положения вещей. В этом смысле нас очень радовал новый поворот дела, поскольку тем самым значительно укрепилась наша уверенность в правильности нового математического формализма; кроме того, методика Шредингера позволяла осуществить целый ряд вычислений, которые в квантовой механике были бы чрезвычайно сложными.

Однако при физической интерпретации новой математической схемы начались трудности. Шредингер верил, что переход от частиц к волнам материи позволит избавиться от парадоксов, которые долгое время столь безнадежно затрудняли понимание квантовой теории. Волны материи, согласно Шредингеру, следовало трактовать здесь как реальные процессы в пространстве и времени примерно в том же смысле, что и обычные электромагнитные и звуковые волны. Столь непонятная дискретность, «квантовые скачки» и подобное подлежали полному изгнанию из теории. Я не мог поверить этому толкованию, поскольку оно полностью противоречило нашим копенгагенским представлениям, и мне было тревожно видеть, что многие физики именно это самое толкование Шредингера восприняли как избавление. В ходе многочисленных бесед, которые я вел в течение этого года с Нильсом Бором, Вольфгангом Паули и многими другими физиками, мы, казалось, достигли полной ясности относительно того, что наглядное пространственно-временное описание процессов, происходящих в атоме, невозможно. Элемент дискретности, который Эйнштейн в Берлине охарактеризовал как особую характерную черту атомных явлений, не допускал такого описания. Разумеется, это было пока еще только негативное утверждение, и от полной физической интерпретации квантовой механики мы были пока еще очень далеки. Но мы все же были уверены, что от представления о протекающих в пространстве и времени объективных процессах определенно надо так или иначе избавиться. Шредингеровское толкование, напротив, сводилось к тому, — и здесь заключалась его сенсационность, что существование этих дискретностей просто отрицалось. Нельзя уже было считать, что при переходе из одного стационарного состояния в другое энергия атома неожиданно изменяется, а переданная энергия излучается в форме эйнштейновского светового кванта. Причиной излучения предлагалось считать, скорее, то, что при подобном процессе одновременно возбуждаются

два постоянных материальных колебания, причем интерференция обоих колебаний является причиной излучения электромагнитных, например световых волн. Такая гипотеза казалась мне слишком смелой, чтобы быть истинной, и я собрал все аргументы в пользу того, что дискретность является все-таки подлинной чертой самой действительности. Ближайшим аргументом была планковская формула излучения, в эмпирической правильности которой уже нельзя было более сомневаться и которая составляла исходный пункт планковского тезиса о дискретных стационарных значениях энергии.

В конце летнего семестра 1926 года Зоммерфельд пригласил Шредингера на Мюнхенский семинар сделать сообщение о своей теории, и там мне представился первый повод для дискуссии. В тот семестр я снова работал в Копенгагене и при исследовании атома гелия освоил методы Шредингера. Закончив эту работу во время последовавшего затем отпуска, проведенного отчасти на озере Мьёса в Норвегии, я потом в полном одиночестве прошел незехеными тропами от Гудбрандсаля через ряд горных цепей к Согне-фьорду. После краткой остановки в Копенгагене, я, наконец, приехал в Мюнхен, чтобы провести часть отпуска со своими родителями. Благодаря этому я смог услышать доклад Шредингера. На семинар пришел и руководитель Института экспериментальной физики Мюнхенского университета Вильгельм Вин, крайне скептически настроенный в отношении зоммерфельдовской «атомистики».

Прежде всего Шредингер развернул математические принципы волновой механики на примере атома водорода, и все мы были восхищены тем, что с проблемой, которую Вольфгангу Паули методами квантовой механики удавалось разрешить лишь весьма сложными путями, теперь оказалось возможным изящно и просто расправиться обычными математическими методами. Но в заключение Шредингер заговорил о своем истолковании волновой механики, в которое я поверить не мог. В ходе последовавшей дискуссии я высказал свои замечания, особенно указав на то, что шредингеровская трактовка лишает возможности понять даже закон излучения Планка. Мне, однако, не повезло со своей критикой. Вильгельм Вин очень резко ответил, что, хотя ему понятны мои сожаления по поводу того, что теперь с квантовой механикой покончено и о всякой чепухе типа квантовых скачков и тому подобном говорить больше не приходится, но упомянутые мною трудности, без сомнения, будут разрешены Шредингером в самое ближайшее время. В своем ответе Шредингер не был столь категоричен, однако и он остался при убеждении, что теперь разрешение всех перечисленных мною проблем в духе его подхода — только вопрос времени. Своими аргументами я уже ни на кого не смог произвести впечатления. Даже благоволивший ко мне Зоммерфельд не смог устоять перед убедительной силой шредингеровской математики.

Домой я шел поэтому несколько омраченным и, кажется, в тот же вечер написал Нильсу Бору письмо, сообщая ему о неудачном исходе дискуссии. Видимо, следствием моего письма было то, что

Бор послал Шредингеру приглашение приехать в сентябре на одну-две недели в Копенгаген, чтобы обсудить во всех деталях вопросы истолкования квантовой и волновой механики. Шредингер согласился, и, естественно, я тоже поехал в Копенгаген, чтобы присутствовать при столь важном споре.

Дискуссия между Бором и Шредингером началась уже на вокзале в Копенгагене и продолжалась ежедневно с раннего утра до поздней ночи. Шредингер остановился в доме Бора, так что уже по чисто внешним обстоятельствам в споре не могло быть никакого перерыва. И хотя Бор в общении с людьми обычно был крайне предупредителен и любезен, здесь он предстал передо мной каким-то неумолимым фанатиком, не собирающимся делать ни шагу навстречу своему собеседнику или позволить ему хотя бы маленькую неясность. Едва ли можно передать, как страстно велась дискуссия с обеих сторон, сколь глубоко коренились убеждения, угадывавшиеся за произносимыми фразами как у Бора, так и у Шредингера. Поэтому я могу здесь предложить лишь очень бледное отражение тех бесед, в которых с напряженной силой шла борьба вокруг интерпретации недавно достигнутого математического описания природы.

Шредингер: «Вы должны все-таки понять, Бор, что вся ваша идея квантовых скачков неизбежно ведет к бессмыслице. Вы вот утверждаете, что в стационарном состоянии атома электрон сначала периодически вращается по какой-то орбите, не излучая. Не дается никакого объяснения, почему он не должен ничего излучать, при том что, согласно теории Максвелла, излучение быть должно. Потом электрон отчего-то перескакивает с одной орбиты на другую, и происходит излучение. Что это за переход, постепенный или внезапный? Если он постепенный, то электрон должен постепенно же изменять частоту своего вращения и свою энергию. Непонятно, откуда тогда берутся четкие частоты спектральных линий. А если переход происходит внезапно, так сказать, скачком, то хотя и можно, применяя эйнштейновские представления о световых квантах, прийти к правильному числу световых колебаний, однако надо же еще и спросить, как движется электрон во время скачка? Почему при этом не испускается непрерывный спектр, как того требовала бы теория электромагнитных явлений? И какими законами определяется его движение при скачке? Словом, все это представление о квантовых скачках по необходимости оказывается просто чепухой».

Бор: «Да, во всем, что Вы говорите, Вы совершенно правы. Но это еще не доказательство, что квантовых скачков не существует. Это доказывает только, что мы не можем их себе представить, т. е. что наглядные понятия, с помощью которых мы описываем события повседневной жизни и эксперименты прежней физики, недостаточны для изображения процессов квантового перехода. И тут нет ровным счетом ничего удивительного, если учесть, что процессы, о которых у нас идет речь, не могут быть предметом непосредственного опыта, что мы не переживаем их непосредственно, а потому и не можем сформировать наши понятия».

Шредингер: «Я не хотел бы с Вами вдаваться в философский спор относительно образования понятий, это уж мы лучше оставим для философов, но мне просто хотелось бы знать, что происходит в атоме. Причем для меня совершенно безразлично, на каком языке говорить. Если в атоме есть электроны, т. е. частицы, как мы их до сих пор себе представляли, то они должны и как-то двигаться. Меня в данный момент пока не интересует точное описание их движения, но в конце концов надо же будет когда-нибудь выяснить, как они ведут себя в стационарном состоянии или при переходе из одного состояния в другое. А математический формализм волновой или квантовой механики выглядит так, будто на эти вопросы не существует никакого разумного ответа. Но стоит нам сменить образ, т. е. сказать, что нет никаких электронов-частиц, а есть электронные волны материи, все начинает выглядеть совершенно иначе. Нас тогда больше не удивят четкие частоты колебаний. Излучение света становится таким же понятным, как испускание радиоволн антенной передатчика, и противоречия, казавшиеся неразрешимыми, исчезают».

Бор: «Нет, к сожалению, это не так. Противоречия не исчезают, они только отодвигаются в другую область. Вы говорите, например, об испускании излучения атомом или, в общем случае, о взаимодействии атома с окружающим полем излучения и полагаете, будто все трудности устраняются при предположении, что существуют волны материи, а не квантовые скачки. Но вспомните хотя бы о термодинамическом равновесии между атомом и полем излучения, например об эйнштейновском выводе закона излучения Планка. Решающим для вывода этого закона является то, что энергия атома принимает дискретные значения и время от времени прерывисто изменяется; здесь дискретные значения частот собственных колебаний ничем не могут помочь. Ведь не хотите же Вы всерьез поставить под вопрос все основные положения квантовой теории».

Шредингер: «Я не утверждаю, разумеется, будто все эти моменты уже полностью понятны. Но ведь и Вы тоже не обладаете никаким удовлетворительным физическим истолкованием квантовой механики. Я не понимаю, почему нельзя надеяться, что использование учения о теплоте в теории волн материи приведет в конце концов к хорошему объяснению формулы Планка — конечно, тогда оно будет выглядеть совершенно иначе, чем прежние объяснения».

Бор: «Нет, на это надеяться нельзя. Ведь уже 25 лет известно, что означает формула Планка. А кроме того, мы же совершенно непосредственно наблюдаем дискретность, скачкообразность атомных явлений, например на сцинтилляционном экране или в камере Вильсона. Мы видим, что вспышка света на экране появляется внезапно, и электрон пролетает через камеру Вильсона внезапно. Ведь не можете же Вы просто отстраниться от этих скачкообразных процессов и делать вид, будто их вовсе не существует».

Шредингер: «Если нельзя избавиться от этих проклятых квантовых скачков, то я жалею, что вообще связался с квантовой теорией».

Бор: «А вот мы, со своей стороны, очень благодарны Вам за то, что Вы сделали, поскольку Ваша волновая механика с ее математической ясностью и простотой представляет огромный прогресс по отношению к прежним формам квантовой механики».

Спор продолжался так часами днем и ночью, однако согласия достигнуто не было. Через несколько дней Шредингер заболел, вероятно, из-за крайнего перенапряжения; жар и простуда заставили его слечь в постель. Фрау Бор ухаживала за ним, приносила чай и сладости, но Нильс Бор сидел на краешке кровати и внушал Шредингеру: «Вы все-таки должны понять, что...». К подлинному взаимопониманию и нельзя было тогда прийти, поскольку ни одна из сторон не могла предложить полной и цельной интерпретации квантовой механики. Но мы, копенгагенцы, к концу этого визита все же почувствовали большую уверенность в том, что мы на верном пути. Одновременно мы, конечно, понимали, как трудно будет даже лучших физиков убедить в необходимости отказаться от пространственно-временного описания атомных процессов.

В последующие месяцы физическое истолкование квантовой механики составляло главную тему бесед между Бором и мной. Я жил тогда на верхнем этаже институтского здания, в маленьком уютном чердачном помещении с косыми стенами, откуда открывался вид на деревья у входа в Феллед-парк. Часто Бор даже и поздним вечером еще раз заходил в мою комнату, и мы обсуждали всевозможные так называемые мысленные эксперименты, чтобы проверить, действительно ли мы полностью поняли свою теорию. Довольно скоро выяснилось, что Бор и я ищем разрешения трудностей в несколько различных направлениях. Усилия Бора были направлены на то, чтобы сохранить за обоими наглядными представлениями, корпускулярным и волновым, одинаковое право на существование, причем он пытался показать, что хотя эти представления взаимно исключают друг друга, однако они лишь вместе делают возможным полное описание процессов в атоме. Мне такой подход не нравился. Я предпочитал исходить из того, что квантовая механика в тогдашней ее форме уже предписывала однозначную физическую интерпретацию для некоторых используемых в ней величин, — например для средних временных значений энергии, электрического момента, импульса, средних значений колебаний и т. д., — так что, по-видимому, уже не оставалось никакой свободы физических интерпретаций. Мне скорее казалось, что на основе уже достигнутой частной интерпретации есть возможность посредством четких логических умозаключений прийти и к верной общей интерпретации. По той же причине — кстати сказать, совершенно напрасно — я довольно неодобрительно отнесся к одной геттингенской работе Борна, самой по себе превосходной, где он трактовал процессы столкновения по методу Шредингера, выдвигая гипотезу, что квадрат шредингеровской волновой функции выражает мерой вероятности нахождения электрона в данном месте. Я считал совершенно правильным тезис Борна, однако мне не нравилось, что он выглядел так, будто здесь еще

сохранялась некоторая свобода истолкования. Я был убежден, что тезис Борна необходимым образом вытекает из уже установленной интерпретации специальных величин квантовой механики. Это убеждение еще более усилилось благодаря двум весьма плодотворным математическим исследованиям Дирака и Иордана.

К счастью, в своих вечерних беседах мы с Бором приходили обычно к одинаковым заключениям относительно того или иного физического эксперимента, и потому можно было надеяться, что наши столь различные устремления в конечном итоге приведут к одному результату. Правда, оба мы не знали, как согласовать с квантовой или волновой механикой такой простой феномен, как, например, траекторию электрона в камере Вильсона. В квантовой механике вовсе не было понятия траектории, а в волновой механике хотя и допускалось узконаправленное излучение материи, однако такой луч должен был постепенно распространяться в областях пространства, намного превышающих диаметр электрона. Экспериментальная ситуация выглядела явно иначе. Поскольку наши беседы часто затягивались до поздней ночи и, несмотря на месяцы непрерывного напряжения, не приводили к удовлетворительному результату, мы дошли до состояния истощения, которое, ввиду разной направленности мысли, вызывало иной раз натянутость отношений. Поэтому Бор в феврале 1927 г. решил взять отпуск, чтобы походить на лыжах по Норвегии, и я был тоже очень рад тому, что могу теперь в Копенгагене еще раз наедине с собой поразмыслить над этими безнадежно сложными проблемами. Теперь я сосредоточил все свои усилия на вопросе о том, каким образом в квантовой механике математически представить траекторию электрона в камере Вильсона. Когда уже в один из первых вечеров я столкнулся с совершенно непреодолимыми трудностями, мне пришло в голову, что, возможно, сам вопрос поставлен нами ошибочно. Но что могло быть здесь ошибкой? Траектория электрона в камере Вильсона существует, ее можно наблюдать. Существует и математическая схема квантовой механики, и она слишком убедительна, чтобы допускать еще какие-то изменения. Стало быть, обязательно должна быть — вопреки всей внешней видимости — и возможность установить связь между ними. Кажется, ближе к полуночи в один из вечеров я неожиданно подумал о своем разговоре с Эйнштейном, и мне вспомнились его слова: «Только теория решает, что можно наблюдать». Мне сразу стало ясно, что ключ к так долго не отпиравшейся двери следует искать именно в этом месте. Поэтому я предпринял ночную прогулку по Феллед-парку, чтобы обдумать выводы, следующие из высказывания Эйнштейна. В самом деле, мы всегда бездумно повторяли: траекторию электрона в камере Вильсона можно наблюдать. Однако реально наблюдалась, наверное, все-таки еще не она сама. Возможно, наблюдались некие дискретные следы неточно определенных положений электрона. Ведь фактически в камере Вильсона видны лишь отдельные капельки воды, которые заведомо намного протяженнее, чем электрон. Поэтому правильно поставленный вопрос должен гласить: можно ли в кванто-

вой механике описать ситуацию, при которой электрон приблизительно — т. е. с известной неточностью — находится в данном месте и при этом приблизительно — т. е. опять-таки с известной неточностью — обладает заданной скоростью, и можно ли эти неточности сделать столь незначительными, чтобы не впасть в противоречие с экспериментом? Краткий расчет по возвращении в институт подтвердил, что математически представить такую ситуацию можно и что неточностям соответствуют те соотношения, которые позднее были названы соотношениями неопределенностей квантовой механики. Произведение неопределенностей местоположения и количества движения (под количеством движения понимается произведение массы на скорость) не может быть меньше планковского кванта действия. Тем самым, как мне казалось, была наконец установлена связь между наблюдениями в камере Вильсона и математикой квантовой механики. Правда, оставалось еще доказать, что в любом эксперименте могут возникать только те ситуации, которые удовлетворяют соотношениям неопределенностей. Но это заранее казалось мне вполне осуществимым, поскольку процессы, сопровождающие эксперимент или наблюдение, сами должны удовлетворять законам квантовой механики. Поскольку же эти последние берутся здесь за основу, то из эксперимента едва ли могут возникнуть ситуации, не соответствующие квантовой механике. «Ибо только теория решает, что можно наблюдать». Я решил на следующий день просчитать это в деталях на простых экспериментах.

Здесь мне также пришло на память воспоминание о беседе, которую я имел однажды в Геттингене с товарищем по учебе, Буркхардом Друде. При обсуждении трудностей, связанных с представлением об электронных орбитах в атоме, Буркхард Друде заговорил о принципиальной возможности сконструировать микроскоп исключительно высокой разрешающей способности, позволяющий непосредственно видеть траекторию электрона. Такой микроскоп сможет, конечно, работать не в видимом свете, а, скажем, в жестких гамма-лучах. Тогда в принципе можно было бы фотографировать орбиту электрона в атоме. Моей задачей было поэтому доказать, что даже такой микроскоп не позволит перешагнуть границы, устанавливаемые соотношением неопределенностей. Это доказательство удалось и укрепило мою уверенность в замкнутой цельности новой интерпретации. После нескольких других расчетов подобного рода я подытожил свои результаты в длинном письме к Вольфгангу Паули и получил от него из Гамбурга одобренный ответ, который меня очень ободрил.

Потом был еще ряд сложных дискуссий, когда Нильс Бор вернулся из своего проведенного на лыжах отпуска в Норвегии. Дело в том, что Бор тоже продвинулся в развитии своих идей, пытаясь, как и в беседах со мной, сделать принципиальной основой истолкования дуализм волновой и корпускулярной картин. Центральное место в его размышлениях занимало вновь созданное им понятие дополнительности, призванное описывать ту ситуацию, когда одно и то же событие мы можем охватить с помощью двух различных способов рассмотрения. Оба эти способа рассмотрения взаимно исключают друг друга,

но они также и дополняют друг друга, и лишь сопряжение двух противоречащих друг другу способов рассмотрения полностью исчерпывает наглядную суть явления. Вначале Бор отнесся к моему соотношению неопределенностей несколько настороженно, увидев в нем лишь еще один слишком специальный случай общей ситуации дополнительности. Но довольно скоро, с любезной помощью шведского физика Оскара Клейна, тоже работавшего тогда в Копенгагене, мы убедились, что никакого серьезного различия между обоими толкованиями больше нет и остается поэтому только представить уже вполне понятное нами положение вещей так, чтобы, несмотря на свою новизну, оно стало бы понятным также и научной общественности.

Столкновение с научной общественностью произошло осенью 1927 г. на двух мероприятиях — на общей конференции физиков в Комо, где Бор выступил с итоговым докладом о новой ситуации, и на так называемом Сольвеевском конгрессе в Брюсселе, куда по традиции фонда Сольве была приглашена лишь небольшая группа специалистов, которым предстояло обстоятельно обсудить проблемы квантовой теории. Все мы жили в одном отеле, и самые острые дискуссии проходили не в конференц-зале, а в ресторане отеля. Бор и Эйнштейн несли главную тяжесть этой борьбы за новое истолкование квантовой теории. Эйнштейн не был готов к признанию принципиально статистического характера новой квантовой теории. Разумеется, он не имел ничего против вероятностных высказываний там, где изучаемая система неизвестна с точностью во всех своих определяющих моментах. Ведь на подобных высказываниях покоилась прежняя статистическая механика и учение о теплоте. Но Эйнштейн не хотел допустить принципиальную невозможность познания всех определяющих моментов, необходимых для полной детерминации рассматриваемых процессов. «Господь Бог не играет в кости» — это выражение часто можно было услышать от него во время дискуссий. Эйнштейн не мог поэтому примириться с соотношениями неопределенностей и старался придумать эксперименты, в которых эти соотношения уже не имели бы места. Спор обычно начинался уже ранним утром тем, что Эйнштейн объявлял нам за завтраком новый мысленный эксперимент, с его точки зрения опровергавший соотношения неопределенностей. Мы, естественно, тут же начинали его анализировать, и по пути в конференц-зал, куда я обычно сопровождал Бора и Эйнштейна, достигали предварительной ясности насчет постановки вопроса и выдвинутой позиции. Потом в течение дня на эту тему велось много бесед, и, как правило, все заканчивалось тем, что Нильс Бор вечером за ужином был уже в состоянии доказать Эйнштейну, что очередной предложенный им эксперимент тоже не ведет к отмене соотношения неопределенностей. Эйнштейн казался несколько обеспокоенным, но уже на следующее утро у него за завтраком был готов новый мысленный эксперимент, еще более сложный и призванный теперь уж наверняка обнаружить недействительность соотношения неопределенностей. Конечно, к вечеру и эта попытка кончалась не лучше, чем прежние; и когда в такой игре про-

шло несколько дней подряд, друг Эйнштейна Пауль Эренфест, физик из Лейдена в Голландии, сказал: «Эйнштейн, мне стыдно за тебя; ведь ты споришь против новой квантовой теории теперь точно так же, как твои противники против теории относительности». Но и это дружеское увещание не смогло убедить Эйнштейна.

И снова мне стало ясно, как бесконечно трудно отказаться от представлений, которые до сих пор составляли основы нашего мышления и научной работы. Эйнштейн посвятил труд всей своей жизни исследованию объективного мира физических процессов, которые где-то там, вовне, в пространстве и времени, протекают независимо от нас по незыблемым законам. Математические символы теоретической физики были призваны, по его убеждению, отображать этот объективный мир и тем самым сделать возможными предсказания относительно его будущего поведения. А тут вдруг стали утверждать, что если углубиться в атомы, то такого объективного мира в пространстве и времени вовсе и нет и что математические символы теоретической физики отображают лишь возможное, а не фактическое. Эйнштейн не был готов к тому, чтобы позволить — как он это ощущал — почве уйти у себя из-под ног. И в своей последующей жизни, когда квантовая теория давно уже и прочно стала составной частью физики, Эйнштейн тоже не смог изменить свою точку зрения. Он допускал квантовую теорию в качестве временного, но не принимал в качестве окончательного объяснения атомарных явлений. «Бог не играет в кости» — этот принцип был для Эйнштейна непоколебимым, и он ничего не желал в нем менять. Бор на это мог лишь ответить: «Но все-таки наша задача не может состоять в том, чтобы предписывать Богу, как Он должен править миром».

VII. ПЕРВЫЕ БЕСЕДЫ ОБ ОТНОШЕНИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ К РЕЛИГИИ (1927)

В один из вечеров, которые мы во время Сольвеевского конгресса проводили все вместе в брюссельском отеле, несколько более молодых участников конгресса сидели в фойе, среди них — Вольфганг Паули и я. Несколько позже к нам подсел Поль Дирак. Кто-то задал вопрос: «Эйнштейн так много говорит о Господе Боге, что бы это могло значить? Ведь, собственно говоря, нельзя же представить, что такой ученый, как Эйнштейн, был так привязан к религиозной традиции». — «Эйнштейн, пожалуй, нет, но вот Макс Планк, наверное, да, — ответили ему. — Имеются высказывания Планка о соотношении религии и естествознания, в которых он стоит на той позиции, что между ними нет никакого противоречия, что религия и естествознание прекрасно согласуются друг с другом». Меня спросили, что я знаю о взглядах Планка в этой области и что о них думаю. Несколько раз я беседовал с самим Планком, правда, больше о физике, чем о более общих вопросах, но я знал нескольких хороших друзей Планка, которые много рассказывали мне о нем; поэтому я считал себя способным обрисовать его точку зрения.

— Мне кажется, — примерно так отвечал я, — что для Планка религия соединима с естествознанием потому, что они, по его мнению, относятся к совершенно разным областям действительности. Естествознание имеет дело с объективным материальным миром. Оно ставит перед нами задачу сформулировать правильные высказывания об этой объективной действительности и понять существующие в ней связи. Религия же имеет дело с миром ценностей. Она говорит о том, что должно быть, что мы должны делать, а не о том, что есть. В естествознании речь идет об истинном и неистинном, в религии — о добре и зле, о ценном и не имеющем ценности. Естествознание есть основа технически целесообразного действия, религия есть основа этики. С этой точки зрения конфликт между обеими сферами, начавшийся в XVIII в., покоится на недоразумении, которое возникает, когда образы и символы религии мы истолковываем как естественнонаучные утверждения, что, конечно, бессмысленно. Согласно такому воззрению, которое я хорошо усвоил еще в родительском доме, две эти сферы порознь соотносены с объективной и субъективной сторонами мира. Естествознание в известном смысле есть тот способ, каким мы подходим к объективной стороне действительности, каким мы анали-

зируем ее. Напротив, религиозная вера есть выражение личностного выбора, когда мы устанавливаем для себя ценности, в соответствии с которыми упорядочиваем свое жизненное поведение. Как правило, мы делаем этот выбор, сообразуясь с той общностью, к которой мы принадлежим, будь то семья, народ или наш культурный круг. Сильнейшим образом влияет на наш выбор воспитание и среда. Однако в конечном счете он субъективен и потому не подлежит критерию «истина или ложь». Если я правильно понимаю Макса Планка, он использовал свою свободу выбора, недвусмысленно приняв решение в пользу христианской традиции. Его образ мысли и поступки, включая особенно отношения с людьми, идут, безусловно, в русле этой традиции, и тут никто не может отказать ему в уважении. Таким образом, обе сферы, объективная и субъективная стороны мира, у него четко разьединены — но я должен признаться, что мне такое разделение немного не по душе. Я сомневаюсь, что человеческие общества могут долгое время жить с таким резким ограничением знания от веры.

Вольфганг разделял со мной эту озабоченность. «Да,— сказал он,— это действительно едва ли возможно. Во времена возникновения религий все знание, имевшееся в распоряжении верующей общины, естественным образом поддавалось выражению и в духовной форме, важнейшим содержанием которой были тогда ценности и идеи соответствующих религий. Эта духовная форма, как от нее требовалось, должна была быть так или иначе понятна самому простому человеку в общине, хотя бы даже священные символы и образы внушали ему лишь неопределенное ощущение всего смысла ценностей и идей его религии. Простой человек должен быть уверен, что данная духовная форма охватывает все знание общины, коль скоро он обязан руководствоваться ценностями общины в своем жизненном выборе. Ведь верить — значит для него не «считать верным», а «довериться этим ценностям как руководству». Отсюда возникают большие опасности, когда новое знание, достигаемое в ходе истории, угрожает взломать старую духовную форму. Полное разделение между знанием и верой — это, конечно, лишь паллиатив на краткое время. Например, в западной культурной сфере в не столь далеком будущем может наступить момент, когда символы и образы прежней религии перестанут обладать убедительностью даже для простого народа; боюсь, что тогда в самый короткий срок распадется и прежняя этика и будут происходить столь ужасные вещи, что нам сейчас их невозможно себе и представить. Так что я не вижу большого смысла в философии Планка, даже если она логически выдержана и даже если я уважаю вытекающую из нее жизненную установку. Эйнштейновское мировоззрение мне ближе. Господь Бог, о котором он столь охотно вспоминает, имеет у него отношение к неизменным природным законам. У Эйнштейна есть чувство центрального порядка вещей. Он ощущает, что он сильно и непосредственно пережил эту простоту при открытии теории относительности. Конечно, отсюда еще далеко до догматов религии. Эйнштейн едва ли

привязан к какой-либо религиозной традиции, и я считал бы, что представление о личностном Боге ему совершенно чуждо. Однако для него не существует разрыва между наукой и религией. Центральный порядок принадлежит для него как к субъективной, так и к объективной области, и это представляется мне наилучшим исходным пунктом».

— Исходным для чего? — спросил я. — Если в отношении к миропорядку видеть, так сказать, чисто личное дело, то позицию Эйнштейна вполне можно понять, однако из такой позиции еще ничего не следует.

Вольфганг: «Может быть, кое-что все-таки следует. Развитие естествознания в последние два столетия, несомненно, изменило человеческое мышление в целом и вывело его из круга представлений христианской культуры. Поэтому не так уж маловажно то, что думают физики. Ведь именно узость этого идеала, — идеала объективного мира, существующего в пространстве и времени по закону причинности, — вызвала конфликт с духовными формами различных религий. И если само естествознание ломает эти узкие рамки — как оно это сделало в теории относительности и в еще большей мере способно сделать в квантовой теории, о которой мы теперь с таким жаром спорим, — то соотношение между естествознанием и тем содержанием, которое хотят охватить своими духовными формами религии, начинает выглядеть опять-таки иначе. Возможно, благодаря тем закономерностям, с которыми мы познакомились за последние тридцать лет истории естествознания, мы достигли большей широты мышления. Скажем, понятие дополнительности, которое Нильс Бор теперь столь энергично выдвигает при интерпретации квантовой теории, вовсе не ново в гуманитарных науках и в философии, хотя оно и не формулировалось так явно. Но тот факт, что оно выступает теперь в точных науках, означает какой-то решительный сдвиг. Ведь с его помощью мы впервые начинаем понимать то обстоятельство, что представление о материальном объекте, якобы совершенно независимом от способа наблюдения этого объекта, является лишь абстрактной экстраполяцией, которая никакой действительности не соответствует. В философии Востока и в тамошних религиях существует дополнительное к этому нашему, западному, представление о чистом субъекте познания, которому уже не противостоит никакой объект. И это представление тоже является абстрактной экстраполяцией, которой не соответствует никакая психологическая или духовная действительность. В будущем, думая о порядке мироздания, нам следовало бы придерживаться середины, как она очерчена, например, в принципе дополнительности Бора. Наука, построенная на таком образе мысли, будет не только терпимее к различным формам религии, но сможет, пожалуй, полнее рассматривая целое, обогатить и мир ценностей».

Между тем в разговор включился Поль Дирак, который — ему тогда исполнилось 25 лет — к терпимости был не слишком расположен. «Я не понимаю, почему мы здесь говорим о религии, — вмешался

он. — Если не кривить душой, а это долг ученого, то нужно признать, что религии высказывают явно ложные утверждения, для которых нет никакого оправдания в реальности. Ведь уже само понятие «Бога» есть продукт человеческой фантазии. Можно понять, почему первобытные народы, более беззащитные перед всемогуществом природных сил, чем мы, от страха обожествляли эти силы и таким путем пришли к понятию божества. Но в нашем мире, когда мы осмысливаем закономерности природы, подобные представления уже не нужны. Я не вижу, чтобы признание существования всемогущего бога как-то помогало нам. Но для меня вполне очевидно, что такое допущение ведет к постановке бессмысленных споров, например к вопросу, зачем бог допустил несчастье и несправедливость в нашем мире, угнетение бедных богатыми и весь тот ужас, который он был в силах предотвратить. Если в наше время кто-то еще проповедует религию, то вовсе не потому, что религиозные представления продолжают нас убеждать; нет, в основе всего скрывается желание утихомирить народ, простых людей. Спокойными людьми легче управлять, чем беспокойными и недовольными. Их и легче использовать или эксплуатировать. Религия — это род опиума, который дают народу, чтобы убавлять его сладкими фантазиями, утешив таким образом насчет гнетущих его несправедливостей. Недаром всегда так быстро возникает альянс двух важнейших политических сил, государства и церкви. Обе эти силы заинтересованы в сохранении иллюзии, будто добрый боженька если не на земле, то на небе вознаградит тех, кто не возмущался против несправедливостей, а спокойно и терпеливо выполнял свой долг. Вот почему честная констатация того, что этот бог есть просто создание человеческой фантазии, считается худшим смертным грехом».

— Ты осуждаешь сейчас религию с точки зрения политического злоупотребления ею, — заметил я. — Но поскольку в этом мире злоупотребить можно почти всем, в том числе и коммунистической идеологией, о которой ты недавно говорил, то подобное осуждение не касается существа дела. В конце концов, всегда будут существовать человеческие общества, а такие общества должны обрести и общий язык, на котором можно говорить о смерти и жизни и о великой мировой взаимосвязи, в контексте которой разворачивается история общества. Духовные формы, исторически сложившиеся в поисках этого всеобщего языка, обладают все-таки огромной силой убеждения, раз такие множества людей веками устраивают по этим формам свою жизнь. Так просто, как ты сейчас говоришь, с религией не разделаешься. Впрочем, для тебя, наверное, какая-нибудь другая, например древняя китайская, религия обладает большей убедительностью, чем та, в которой есть представление о личном Боге.

— Я в принципе отвергаю религиозные мифы, — отвечал Поль Дирак, — хотя бы уже потому, что мифы различных религий противоречат друг другу. Это ведь чистая случайность, что я родился здесь в Европе, а не в Азии, и от таких вещей не может зависеть, что истинно и что нет и во что я должен верить. В конце концов,

я могу верить лишь в то, что истинно. Как мне следует поступать, я могу решить исключительно с помощью разума, исходя из той ситуации, что я живу в сообществе с другими людьми, за которыми я принципиально должен признать те же права на жизнь, каких требую для себя. Поэтому я обязан заботиться о справедливом распределении благ, ничего другого не нужно; а все разговоры о божественной воле, о грехе и раскаянии, о потустороннем мире, на который мы должны ориентироваться в своем поведении, служат просто для маскировки суровой и трезвой действительности. Вера в бытие Божие, кроме того, способствует представлению, будто покорность чьей-то высшей силе «угодна богу», и тем самым увековечивает структуры, которые в прошлом, возможно, были естественны, но для нашего сегодняшнего мира уже не подходят. Уже самый разговор о великой мировой взаимосвязи и тому подобном мне в корне претит. Ведь в жизни все, как в нашей науке: перед нами встают трудности, и мы должны попытаться разрешить их. Причем мы всегда в состоянии разрешить только одну трудность, а не несколько сразу; так что разговор о мировой взаимосвязи — это излишняя мысленная надстройка.

Дискуссия продолжалась в том же духе еще некоторое время, и мы удивлялись, почему Вольфганг уже не принимает в ней участия. Он слушал иногда с немного недовольным видом, иногда коварно улыбаясь, но ничего не говорил. В конце концов, у него спросили, каково его мнение. Он чуть ли не растерянно взглянул на нас и произнес: «Нет, нет, у нашего друга Дирака есть религия; главный догмат этой религии гласит: «Нет никакого бога, и Дирак — пророк его». Все мы, в том числе и Дирак, рассмеялись, и на том наш разговор в фойе отеля закончился.

Некоторое время спустя, возможно, уже в Копенгагене я рассказал о нашей беседе Нильсу. Нильс сразу взял самого юного члена нашего кружка под защиту: «Мне представляется замечательным, — сказал он, — как бескомпромиссно Поль Дирак относится к вещам, допускающим ясное выражение на логическом языке; то, что вообще может быть сказано, считает он, может быть также и ясно сказано, а о чем нельзя говорить, о том, по выражению Витгенштейна, нужно молчать. Когда Дирак показывает мне свою новую работу, то рукопись так четко и без помарок написана от руки, что уже смотреть на нее — эстетическое наслаждение; а если я ему потом все-таки предлагаю изменить ту или иную формулировку, он очень расстраивается и в большинстве случаев ничего не меняет. Впрочем, работа все равно так или иначе отличная. Недавно я был с Дираком на небольшой художественной выставке, где висит один итальянский пейзаж Мане — вид на море в великопепных серо-голубых тонах. На переднем плане можно видеть лодку, а рядом с ней в воде — темно-серое пятно, смысл которого трудно понять. Дирак сказал тогда: «Это пятно недопустимо». Это, конечно, своеобразный способ рассматривать произведения искусства. Но он, пожалуй, прав. В хорошем произведении искусства, как в хорошей научной работе, каждая мелочь

должна быть однозначно определенной, не должно быть ничего случайного.

И все же: так говорить о религии, конечно, нельзя. Правда, мне, как и Дираку, чужда идея личностного бога. Но прежде всего надо уяснить себе, что в религии язык используется совершенно иначе, чем в науке. Язык религии родственнее скорее языку поэзии, чем языку науки. Люди слишком склонны думать, что если дело науки — информация об объективном положении вещей, а поэзии — пробуждение субъективных чувств, то религия, раз она говорит об объективной истине, должна подлежать научным критериям истинности. Однако мне все это разделение на объективную и субъективную стороны мира кажется здесь слишком насильственным. Если религии всех эпох говорят образами, символами и парадоксами, то это, видимо, потому, что просто не существует никаких других возможностей охватить ту действительность, которая здесь имеется в виду. Но отсюда еще вовсе не следует, что она не подлинная действительность. И расщепляя эту действительность на объективную и субъективную стороны, мы вряд ли здесь далеко продвинемся.

Поэтому я как раскрепощение нашего мышления ощущаю то, что развитие физики за последние десятилетия показало нам, насколько проблематичны понятия «объективности» и «субъективности». Это обнаружила уже теория относительности. Прежде высказывание, что два события одновременны, считалось объективным утверждением, которое может быть однозначно передано языком и тем самым допускает проверку каким угодно наблюдателем. Сегодня мы знаем, что в понятии «одновременно» заключен субъективный элемент, поскольку два события, которые для покоящегося наблюдателя должны казаться одновременными, для движущегося наблюдателя — не обязательно таковы. При всем этом релятивистское описание все же объективно постольку, поскольку каждый наблюдатель может путем вычисления определить, что воспримет или воспринял другой наблюдатель. Тем не менее от идеала объективного описания в духе старой классической физики здесь мы немного уже отошли.

В квантовой механике отход от этого идеала произошел намного более радикально. С помощью объективирующего языка прежней физики мы уже можем высказывать лишь нечто фактическое. Скажем: здесь почернела фотографическая пластинка или: здесь образовались капельки тумана. Об атомах здесь не говорится ничего. Опять же, все заключения о будущем на основе таких констатаций зависят от постановки вопроса при эксперименте, подлежащей свободному решению наблюдателя. Конечно, здесь тоже все равно, является ли наблюдатель человеком, животным или прибором. Но прогноз будущих событий не может преподноситься безотносительно к наблюдателю или к средствам наблюдения. Тем самым в современном естествознании каждая констатация о положении дел в физическом мире приобретает объективные и субъективные черты. Объективный мир естественных наук прошлого века был, как мы теперь знаем, предельной идеализацией, а не действительностью.

Разумеется, нам и впредь при всяком анализе действительности придется отличать объективную сторону от субъективной, проводить между ними границу. Однако положение этой границы может зависеть от способа наблюдения, оно до известной степени подлежит произвольному выбору. Поэтому мне представляется совершенно ясным, что о содержании религии нельзя говорить на объективирующем языке. Тот факт, что разные религии пытаются выразить это содержание в совершенно различных духовных формах, не может поэтому служить возражением против действительного ядра религии. Видимо, эти различные формы надо считать дополнительными способами описания, которые взаимно исключают друг друга, однако лишь в своей совокупности передают впечатление о том богатстве, которое проистекает из отношения человека к великой мировой взаимосвязи.

— Если ты так резко отличаешь язык религии от языка науки и от языка искусства,— продолжал я беседу,— то что тогда потвоему означают безапелляционно высказываемые суждения, вроде «существует живой Бог» или «существует бессмертная душа»? Что на этом языке означает выражение «существует»? А мы знаем, что научная критика, в том числе критика Дирака, направлена именно против таких формулировок. Чтобы рассмотреть пока только гносеологическую сторону проблемы, позволь привести следующее сравнение.

В математике, как известно, мы пользуемся мнимой единицей, квадратным корнем из -1 , что записывается как $\sqrt{-1}$ и обозначается буквой i . Мы знаем, что этого числа i среди натуральных чисел не существует. Тем не менее важные области математики, например вся теория аналитических функций, покоятся на введении этой мнимой единицы, т. е. на том, что $\sqrt{-1}$ как-то задним числом все же существует. Ты, конечно, согласишься со мной, если я скажу, что фраза « $\sqrt{-1}$ существует» означает не что иное, как «существуют важные математические соотношения, которые проще всего выразить посредством введения понятия $\sqrt{-1}$ ». Эти соотношения существуют, однако, и без его введения. Поэтому такую математику можно с большим успехом практически применять в естествознании и технике. Например, в теории аналитических функций решающим является существование важных математических закономерностей, касающихся пары постоянно изменяющихся переменных. Эти закономерности легче понять, если образовать абстрактное понятие $\sqrt{-1}$, хотя оно не принципиально необходимо для понимания и хотя среди натуральных чисел ему ничто не соответствует. Таково же абстрактное понятие бесконечности, а оно тоже играет в современной математике важную роль, хотя ничто ему не соответствует и хотя его введение нагромождает массу проблем. Таким образом, в математике мы поднимаемся ко все более высоким ступеням абстракции, получая целостное понимание более обширных областей. Нельзя ли, возвращаясь к нашему исходному вопросу, понять слово «существует» в религии тоже как восхождение к более высокой ступени абстракции? Это восхождение должно облегчить нам понимание мировых

взаимосвязей, не более того. Но сами взаимосвязи всегда действительно существуют, с помощью каких бы духовных форм мы ни пытались их охватить.

— Пока дело идет о гносеологической стороне проблемы, твоё сравнение могло бы, пожалуй, сойти, — отвечал Бор. — Но в другом аспекте оно все же неудовлетворительно. В математике мы можем внутренне отвлечься от содержания утверждений. В конечном итоге математика является мысленной игрой, в которую мы можем играть или не играть по нашему выбору. В религии же дело идет о нас самих, о нашей жизни и о нашей смерти, там догматы веры принадлежат к основам нашего поведения и тем самым, пусть косвенно, к основам нашего существования. Тут безучастно смотреть со стороны мы не можем. Более того, нашу позицию в вопросах религии нельзя отделить от нашего положения в человеческом обществе. Если религия и возникла как вполне определенная духовная структура в жизни того или иного конкретного человеческого общества, остается еще далеко не ясным, следует ли ее рассматривать в качестве важнейшей формирующей социальной силы на всех этапах истории или же существующее общество просто развивается и совершенствуется свою духовную структуру, приспособлявая ее каждый раз к своему уровню знания. В наше время, похоже, индивид волен свободно выбирать, в какую духовную структуру ему войти со своим образом мысли и поведением; и в этой свободе выбора выражается тот факт, что границы между различными культурными сферами и человеческими обществами утратили свою жесткость и начинают расплываться. Но даже если этот индивид стремится к высшей независимости, он все равно — сознательно или бессознательно — вынужден многое заимствовать от уже имеющихся духовных структур. Ибо он должен уметь говорить о жизни и смерти и о действительности вообще с другими членами общества, в котором он решил жить; он должен воспитывать своих детей в соответствии с идеалами этого общества, он обязан полностью войти в жизнь общества. Так что гносеологические тонкости ему не помогут. Нам надо и здесь тоже осознать, что существует отношение дополнительности между критическим анализом вероучительного содержания той или иной религии и поведением, предпосылкой которого является решительное принятие духовной структуры данной религии. Такое сознательно принятое решение придает индивиду силу, которая руководит его поступками, помогает преодолеть моменты неуверенности, а когда ему приходится страдать, дарит ему утешение, порождаемое чувством укрытости внутри великого миропорядка. Таким путем религия помогает гармонизации жизни в обществе, и в число ее важнейших задач входит напоминание о великом миропорядке на языке образов и символов.

— Ты тут часто говоришь о свободном решении индивида, — продолжал я свои вопросы, — и представляешь эту свободу, если воспользоваться сравнением из атомной физики, по аналогии со свободой наблюдателя ставить свой эксперимент тем или иным об-

разом. В прежней физике для подобного сравнения не было бы места. Но готов ли ты еще непосредственной связать с проблемой свободы воли определенные черты сегодняшней физики? Как ты знаешь, неполная детерминированность процессов в атомной физике используется иногда в качестве аргумента в пользу того, что теперь вновь создан простор для свободной воли индивида и вместе с тем простор для божественного вмешательства.

Бор: «Я убежден, что речь здесь идет о чистом недоразумении. Нельзя смешивать в одну кучу разные вопросы, которые, по-моему, относятся к различным способам рассмотрения, находящимися между собой в отношении дополнителности. Когда мы говорим о свободе воли, то имеем в виду ситуацию, в которой обязаны принимать решения. Эта ситуация находится во взаимоисключающем отношении к другой ситуации, в которой мы анализируем побудительные причины наших поступков, или точно так же к ситуации, в которой мы изучаем физиологические процессы, например электрохимические реакции в мозге. Таким образом, речь здесь идет о типично дополнительных ситуациях, и потому вопрос, детерминированы ли события природными законами вполне или лишь статистически, не имеет непосредственного отношения к проблеме свободной воли. Естественно, разные способы рассмотрения обязаны в конечном счете совпасть, т. е. должна обнаружиться их непротиворечивая принадлежность к одной и той же действительности; но как это конкретно произойдет, мы пока еще не знаем. Наконец, когда заходит речь о божественном вмешательстве, то, очевидно, имеется в виду не естественнонаучная обусловленность события, а смысловая связь, соединяющая это событие с другими или же с человеческим мышлением. Эта смысловая связь тоже принадлежит действительности, ничуть не менее, чем естественнонаучная обусловленность, и относить ее исключительно к субъективной стороне действительности было бы, конечно, слишком грубым упрощением. Впрочем, и здесь кое-чему могут научить аналогичные ситуации в естествознании. Как известно, существуют биологические явления, которые мы сообразно их природе описываем не в каузальном, а в финалистском аспекте, т. е. в отношении к их цели. В пример можно привести процессы заживления организма после повреждений. Финалистская интерпретация находится здесь в типичном отношении дополнителности к описанию процесса по известным физико-химическим или атомарно-физическим законам; т. е. в одном случае мы спрашиваем, ведет ли процесс к желаемой цели, к восстановлению нормальных соотношений внутри организма, а в другом случае исследуем каузальный порядок молекулярных процессов. Оба способа описания взаимно исключают друг друга, но не обязательно противоречат друг другу. У нас есть все основания предполагать, что законы квантовой механики окажутся столь же справедливыми в живом организме, как и в мертвой материи. Тем не менее финалистское описание тоже вполне корректно. По-моему, развитие атомной физики просто научило нас необходимости мыслить тоньше, чем прежде».

— Мы опять, как всегда, слишком легко сбиваемся на гносеологический аспект религии, — заметил я, — а филиппики Дирака против религии касались именно ее этической стороны. Дирак прежде всего хотел обличить лицемерие или самообман, которые слишком часто соседствуют со всяким религиозным мышлением и которые он с полным правом находит невыносимыми. Правда, при этом он превратился в какого-то фанатика рационализма, а у меня такое чувство, что рационализма здесь недостаточно.

— Мне кажется, очень хорошо то, — заметил Нильс, — что Дирак столь энергично указал на опасность самообмана и внутренних противоречий; но, конечно, после этого было также крайне необходимо, чтобы Вольфганг своим остроумным последним замечанием обратил его внимание на то, до чего трудно избежать подобной опасности. Нильс завершил беседу одной из тех историй, которые он любил рассказывать в таких случаях: «Неподалеку от нашего загородного дома в Тисвилде живет человек, повесивший над входной дверью своего дома подкову, которая по старому народному поверью должна приносить счастье. Когда один знакомый спросил его: «Как, ты настолько суеверен? Неужели ты действительно думаешь, что подкова принесет тебе счастье?», он отвечал: «Конечно, нет; но говорят, что она помогает даже тогда, когда в это не веришь».

VIII. АТОМНАЯ ФИЗИКА И ПРАГМАТИЧЕСКИЙ ОБРАЗ МЫСЛИ (1929)

Пятилетие, последовавшее за Сольевеевской конференцией в Брюсселе, в столь радужном блеске рисовалось позднее молодым людям, работавшим над развитием атомной теории, что мы часто говорили о нем как о «золотом веке атомной физики». Огромные трудности, поглощавшие в предшествовавшие годы все наши силы, были преодолены. Ворота в новооткрытую область квантовой механики оболочки атома были широко распахнуты; и человеку, который желал здесь исследовать и сотрудничать, срывать плоды этого сада, предлагалось бесчисленное множество проблем, которые прежде были неразрешимы, тогда как новые методы позволяли работать над ними и решать их. Во многих областях, где место действительного понимания поневоле занимали эмпирические правила, неопределенные представления или туманные догадки, как, например, в физике твердого тела, ферромагнетизма, химической связи, новые методы позволяли достичь полной ясности. Это дополнялось ощущением, что новая физика и с философской стороны в решающих аспектах превосходит прежнюю, что она — в каком-то еще ожидающем своего прояснения смысле — шире и богаче.

Когда поздней осенью 1927 года я получил приглашение от Лейпцигского и Цюрихского университетов занять в них должность профессора, я выбрал Лейпциг, где меня особенно манило сотрудничество с отличным физиком-экспериментатором Петером Дебаем. Правда, на моем первом семинаре по атомной теории у меня был только один-единственный слушатель, однако я был уверен, что мне, в конце концов, обязательно удастся привлечь многих молодых людей на сторону новой атомной физики.

Я выговорил себе условие, что до вступления в должность в Лейпциге буду иметь возможность отправиться на год в Соединенные Штаты для чтения там лекций о новой квантовой механике. И так, в феврале 1929 года в жестокий холод я поднялся в Бремерхафене на корабль, который должен был доставить меня в Нью-Йорк. Уже наш выход из гавани оказался трудной задачей. Он продолжался два дня, потому что фарватер был заблокирован плотным ледяным барьером, да и в дальнейшем мы попадали в самые суровые штормы, какие я когда-либо переживал на море, так что лишь на пятнадцатый день довольно-таки трудного морского путешествия передо

мной всплыл берег Лонг-Айленда и за ним знаменитый силуэт, skyline Нью-Йорка на фоне закатного неба.

Новый Свет почти с первого же дня очаровал меня. Свободная раскованная активность молодых людей, их не отягощенная всякого рода условностями гостеприимность и готовность помочь, исходивший от них радостный оптимизм — все это вызвало во мне такое чувство, словно какой-то груз упал с плеч. Интерес к новой теории атома был велик. Я смог посетить с лекциями многие университеты и хорошо познакомился со страной в ее самых разных аспектах. Там, где я оставался дольше, у меня завязывались новые дружеские контакты, начинавшиеся с совместных игр в теннис, лодочных и парусных прогулок и очень часто оканчивавшиеся обстоятельными беседами о новейшем развитии нашей науки. Особенно мне запомнилась беседа с моим партнером по теннису Бартоном, молодым чикагским физиком-экспериментатором, который как-то пригласил меня на несколько дней ловить рыбу в отдаленной озерной местности на севере страны.

Разговор зашел об одной удивлявшей меня черте, которую я постоянно наблюдал на своих лекциях в разных частях Америки. Если в Европе отсутствие наглядности в новой атомной теории, дуализм корпускулярного и волнового представлений, чисто статистический характер природных законов, как правило, вели к ожесточенным спорам, а иной раз и к категорическому отрицанию новых идей, то американские физики в своем большинстве были, похоже, готовы без всяких затруднений принять новый взгляд на вещи. Для них он как бы не представлял никакой проблемы. Я спросил Бартона, как он объяснит это различие, и получил примерно следующий ответ.

— Вы, европейцы, и особенно немцы, склонны относиться к подобному рода идеям страшно принципиально. Мы смотрим на все гораздо проще. Раньше ньютоновская физика была достаточно точным описанием наблюдаемых фактов. Потом стали известны электромагнитные явления, и оказалось, что ньютоновской механики здесь уже мало, но что в то же время для описания таких явлений вполне хватает уравнений Максвелла. Наконец, изучение атомных процессов показало, что применение законов классической механики и электродинамики не приводит к наблюдаемым результатам. Стало быть, требовалось усовершенствовать прежние законы или уравнения, и так возникла квантовая механика. По существу физик, даже теоретик, поступает здесь просто как инженер, конструирующий, скажем, мост. Допустим, он замечает, что применявшиеся ранее формулы для расчета его новой конструкции уже недостаточны. Он должен внести еще какие-то поправки на ветровой напор, на старение материала, на температурные колебания и тому подобное, и может сделать это, внося добавления в прежние формулы. Так он получает улучшенные формулы, более надежные конструктивные параметры, и все довольны. Но ведь основные принципы инженерной деятельности остаются без изменений. В современной физике, по-

моему, все обстоит так же. Возможно, вы делаете ошибку, трактуя законы природы как абсолютные, а после этого удивляетесь, что их приходится изменять. Мне кажется, уже само выражение «закон природы» ведет к довольно сомнительному возвеличиванию или обожествлению формулировки, которая по существу не может быть ничем иным, кроме как просто практическим предписанием о том, как следует обращаться с природой в соответствующей области. Словом, по-моему, надо полностью отказаться от всяческих абсолютизаций; тогда не будет никаких трудностей.

— Так значит, тебя ничуть не удивляет, — заметил я, — что электрон в одном случае выступает как частица, в другом — как волна. Ты видишь здесь пускай неожиданное по форме, но все же просто продолжение прежней физики.

— Еще как удивляет; но раз я вижу, что такое происходит в природе, мне надо с этим мириться. Если существуют образования, которые сейчас похожи на волну, а потом — на частицу, значит явно пора формулировать новые понятия. Возможно, следовало бы называть такие образования «волницами», а квантовую механику — математическим описанием поведения этих «волниц».

— Нет, по-моему, такой ответ все слишком упрощает. Речь ведь идет не о частном свойстве электронов, а о свойстве всякой материи и всякого излучения. Возьмешь ли ты электроны или кванты света, или молекулы бензола, или камни, всегда налицо обе черты — частицеобразность или волнообразность и, соответственно, статистический характер законов природы можно наблюдать в принципе везде. Разве что на атомарном уровне квантовомеханические черты namного резче бросаются в глаза, чем в вещах повседневногo опыта.

— Так что же? Тогда вы просто немного видоизменили законы Ньютона и Максвелла, и в области атомных явлений эти изменения кажутся наблюдателям очень заметными, тогда как в сфере повседневного опыта они едва видны. Как ни посмотри, речь идет лишь о более или менее эффективных усовершенствованиях, и квантовая механика тоже явно будет еще совершенствоваться, когда потребуются корректное описание других, еще не так хорошо известных явлений. Но пока квантовая механика служит удобным для всех экспериментов в области атома операциональным предписанием, отлично зарекомендовавшим себя.

Весь этот бартоновский способ рассмотрения был мне совершенно не по душе. Но я понимал, что должен для прояснения своей мысли сформулировать некоторые вещи немного точнее. Поэтому я возразил с подчеркнутой категоричностью: «По-моему, ньютоновскую механику вообще нельзя усовершенствовать или улучшить. Я имею в виду следующее: поскольку те или иные явления поддаются описанию в понятиях ньютоновской физики, как-то место, скорость, ускорение, масса, сила и т. д., постольку и ньютоновские законы остаются в полной силе, и тут даже через сто тысяч лет ничего не изменится. Пожалуй, следовало бы сказать точнее: ньютоновские законы действуют с той же степенью точности, с какой явления поддаются

описанию в ньютоновских понятиях. Что эта степень точности ограничена, прекрасно знала и прежняя физика; и она не претендовала на изменения с любой желаемой степенью точности. Но наличие принципиального предела точности измерений, сформулированного соотношением неопределенностей, является, конечно, новым знанием, впервые достигнутым наукой об атоме. Впрочем, об этом пока не говорить. Достаточно констатировать, что внутри сферы точных измерений механика Ньютона сохраняет силу и остается верной в будущем».

— Не понимаю, — возразил Бартон, — разве механика теории относительности не является усовершенствованием ньютоновской механики? А ведь там вообще нет речи о принципе неопределенности.

— О принципе неопределенности речи нет, — попытался я продолжить свое объяснение, — но об иной пространственно-временной структуре, особенно о связи между пространством и временем, — да. Пока сохраняется видимость абсолютного времени, независимого от места и от движения наблюдателя, пока мы оперируем жесткими или практически жесткими телами определенной протяженности, до тех пор остаются справедливыми и ньютоновские законы. Но если мы будем иметь дело с очень высокими скоростями и проведем при этом очень точные измерения, то обнаружим, что понятия ньютоновской механики уже не в точности соответствуют опытным данным, — что, к примеру, часы движущегося наблюдателя кажутся идущими медленнее, чем часы покоящегося, — и тогда нам придется переключиться на релятивистскую механику.

— Почему же ты тогда не согласен назвать релятивистскую механику усовершенствованием ньютоновской?

— Своим возражением против слова «усовершенствование» применительно к теории относительности я хотел просто избежать одного недоразумения, и если не будет этой опасности, то, пожалуйста, можно говорить и об усовершенствовании. Недоразумение, которое я имею в виду, касается как раз твоей аналогии с усовершенствованиями, вводимыми инженером при практическом применении физики. Было бы совершенно ложным ставить принципиальные изменения, возникающие при переходе от ньютоновской механики к релятивистской или квантовой механике, на одну доску с инженерными усовершенствованиями. Ибо инженеру, вводящему усовершенствования, нет надобности что-либо изменять в своих прежних понятиях. Все термины сохраняют свое прежнее значение, просто в формулы вносятся поправки с учетом факторов, которыми прежде пренебрегали. Но поправки подобного рода не имели бы в ньютоновской механике ни малейшего смысла. В принципе, не существует экспериментов, которые принудили бы к таким изменениям. В том и заключается непоколебимая абсолютность ньютоновской физики, что внутри области своего применения она не может быть улучшена посредством небольших изменений или поправок, что она давно обрела тут свою окончательную форму. Но есть области, где с понятийной системой ньютоновской механики мы садимся на мель. В таких областях нам

нужны совершенно новые понятийные структуры, и нам их предоставляет, к примеру, теория относительности или квантовая механика. Ньютонская физика, хочу я сказать, обладает такой степенью завершенности, какой физический инструментарий инженера не обладает никогда. Из-за этой завершенности, этой замкнутости никакие постепенные усовершенствования тут невозможны. Что, пожалуй, возможно — так это перейти к совершенно новой системе понятий, причем старая система окажется включенной в новую на правах предельного случая.

— Но откуда же мы знаем, — спросил Бартон, — что какой-то раздел физики завершен в том смысле, как ты это только что утверждал в отношении ньютоновской механики? Какие критерии отличают завершенный раздел от еще открытого и какие завершенные в данном смысле разделы имеются, по-твоему, в прежней физике?

— Важнейшим критерием завершенности какой-то области является наличие в ней четко сформулированной, внутренне непротиворечивой аксиоматики, фиксирующей как понятия, так и закономерные соотношения внутри данной системы. В какой мере такая аксиоматическая система соответствует действительности, решает, естественно, только опыт, и мы называем систему «теорией» только тогда, когда она позволяет описать обширные области опытных данных.

Если придерживаться этого критерия, то я различил бы во всей известной до сих пор физике четыре замкнутых области: это ньютоновская механика, статистическая теория теплоты, специальная теория относительности вместе с максвелловской электродинамикой и, наконец, нововозникшая квантовая механика. Для каждой из этих областей существует четко сформулированная система понятий и аксиом, положения которых в строгом смысле слова верны, пока мы остаемся в тех областях опыта, которые могут быть описаны с помощью этих понятий. Общая теория относительности, пожалуй, еще не может быть причислена к завершенным областям, поскольку ее аксиоматика до сих пор не прояснена, а ее применение к вопросам космологии, похоже, допускает еще многообразие решений. Поэтому ее следует отнести пока к открытым теориям, в которых остается ряд неопределенностей.

Бартон, похоже, был отчасти удовлетворен таким ответом, но хотел лучше понять мотивы этого учения о завершенных системах. «Почему ты, собственно, придаешь такую важность утверждению, что переход от одной области к другой, скажем от ньютоновской физики к квантовой теории, происходит не плавным, а в некотором смысле прерывным образом? Ты, конечно, прав, тут вводятся новые понятия, и постановка вопросов в новой области выглядит иначе. Но неужели это так уж существенно? В конце концов, продолжается все тот же прогресс науки, расширяется наше понимание природы, и это главное. А происходит ли этот прогресс плавно или прерывно, отдельными скачками, мне кажется довольно-таки безразличным».

— Нет, это вовсе не безразлично. Твое представление о плавном прогрессе в таком же смысле, в каком ты говорил о росте инженер-

ного умения, лишает нашу науку всякой силы или, скажем, всякой жесткости настолько, что я даже не знаю, можно ли будет тогда продолжать называть ее точной наукой. Если бы мы захотели заниматься физикой твоим чисто прагматическим способом, то выхватывали бы каждый раз ту или иную частную область, на данный момент хорошо доступную экспериментально, и пытались отображать наблюдаемые там процессы посредством приближенных формул. В случае слишком большой неточности описания можно было бы вводить поправочные коэффициенты, добиваясь таким образом повышения точности. Но у нас не было бы уже никакого права задаваться вопросами о законах природы в целом и не было бы никакой перспективы пробиться даже к тем простейшим закономерностям, которые — возьмем только один пример — отличают ньютоновскую механику от птолемеевской астрономии. Таким образом, был бы утерян важнейший критерий истинности нашей науки — простота законов природы, которая всегда светит нам в конце пути. Ты, конечно, можешь снова сказать, что в этом требовании простоты кроется претензия на абсолютное познание, логически совершенно неоправданная. Почему законы природы должны быть обязательно простыми, почему крупные области нашего опыта допускают простое описание? Но тут я должен обратиться к предшествующей истории физики. Ты обязан согласиться, что четыре названные мною завершённые области обладают каждая своей очень простой аксиоматикой и что они описывают очень широкий круг явлений. Лишь при наличии такой аксиоматики понятие «закон природы» действительно оправданно, и если бы ее не было, физика никак не могла бы считаться точной наукой.

У этой простоты есть еще и другая сторона, касающаяся нашего отношения к законам природы. Не знаю только, удастся ли мне здесь выразиться корректно и понятно. Когда мы, как это всегда на первых порах приходится делать в теоретической физике, подытоживаем в формулах данные экспериментов, достигая таким путем феноменологического описания природных процессов, то мы ощущаем, что изобрели эти формулы, более или менее удачно, но изобрели. Но когда сталкиваешься с очень общими закономерностями, какие в конечном счете фиксируются в аксиоматике, то все выглядит совершенно иначе. Тогда перед нашим умственным взором вырисовывается структура, которая и без нас всегда уже существовала и которая совершенно явно не человеческих рук дело. А ведь такие структуры составляют подлинное содержание нашей науки. Ее можно по-настоящему понять только тогда, когда мы внутренне осознаем существование подобных структур.

Бартон задумчиво молчал. Он не возражал мне, но у меня все же было такое впечатление, что мой образ мысли остался ему несколько чужд.

К счастью, наш воскресный отдых был заполнен не только такими сложными разговорами. Первую ночь мы провели в маленькой хижине на берегу безлюдного озера среди, казалось, бескрайнего простора озер и лесов. Наутро мы доверились водительству одного ин-

дейца, с которым вышли под парусом рыбачить в озеро, чтобы освежить свой провиант озерной добычей. Действительно, в том месте, куда нас вывел индеец, мы сумели за один час поймать восемь необычно больших щук, что составило роскошный ужин не только для нас, но и для семьи нашего индейца. После такого успеха мы пожелали на следующее утро продолжить рыбную ловлю, на этот раз обойдясь уже без руководства индейца. Погода и ветер были примерно такими, как накануне, и мы приплыли на то же место. Но несмотря на все наши усилия, за целый день ни одна рыба не захотела даже клюнуть. В этой связи Бартон вспомнил о нашей вчерашней беседе и заметил: «Наверное, в мире атомов дело обстоит так же, как с ловлей рыбы на этом пустынном озере. Если ты не сживешься с этим миром — сознательно или бессознательно — так же хорошо, как наши индейцы с ветром, погодой и привычками рыбы, то мало надежды в нем что-то понять».

К концу моего пребывания в Америке я условился с Полем Дираком о совместном возвращении домой, куда мы планировали добраться очень кружным путем. Мы собирались встретиться в Йеллоустонском парке, побродить там немного, потом вместе проплыть через Тихий океан в Японию и затем через Азию вернуться в Европу. Местом встречи был избран отель перед известным гейзером «Олд Фейсфул». Прибыв в Йеллоустонский парк за день до условленной встречи, я предпринял в одиночку восхождение на ближнюю гору. Лишь уже в пути я узнал, что горы там, в противоположность Альпам, представляют собой совершенно пустынные, почти не посещаемые людьми природные образования. Не было ни дорог, ни пешеходных троп, ни указателей или разметки, и в случае осложнений не приходилось рассчитывать на чью-либо помощь. При восхождении из-за сложных обходов я потерял много времени, а при спуске так устал, что в первом же удобном месте улегся на траву и тотчас заснул. Я проснулся оттого, что меня в лицо лизнул медведь. Я порядком испугался и в наступающих уже сумерках лишь с великим трудом нашел дорогу обратно в отель.

В письме к Полю, договариваясь о встрече, я упомянул, что мы, пожалуй, сможем посетить некоторые из ближайших гейзеров, причем, разумеется, было желательно видеть гейзеры в момент их деятельности. Характерным для своей тщательной и систематической манеры образом Поль уже имел к моменту нашей встречи точный план обхода всех доступных гейзеров, на котором не только были обозначены периоды деятельности этих естественных фонтанов, но и наш маршрут был хитроумно рассчитан так, что мы успевали пешком дойти от одного гейзера до другого точно к началу деятельности последнего и могли за послеполуденное время полюбоваться максимальным числом этих созданий природы.

Удобным временем для бесед о нашей науке стало долгое океанское путешествие от Сан-Франциско через Гавайи до Иокагамы. Правда, я охотно участвовал в таких обычных на борту японского парохода играх, как настольный теннис или шашки, но оставалось

еще немало часов, когда мы, лежа в креслах, следили за дельфинами, резвившимися вокруг корабля, или любовались стаями летающих рыб, всплугнутых нашим судном. Обычно Поль занимал кресло рядом со мной, и мы пользовались возможностью подробно обсудить свои впечатления от Америки и свои планы на будущее в атомной физике. Готовность американских физиков принять отсутствие наглядности в новой атомной физике удивляла Поля гораздо меньше, чем меня. Он тоже воспринимал развитие нашей науки как более или менее плавный процесс, в котором гораздо важнее вопрос не столько о понятийной структуре, укореняющейся на той или иной стадии развития, сколько о методе, который обеспечивал бы максимально уверенный и быстрый прогресс науки. Ибо с прагматической точки зрения развитие науки есть непрерывный процесс приспособления нашего мышления к постоянно расширяющемуся полю опыта, и здесь немислимо никакое завершение. Принципиально важным нужно поэтому считать не тот или иной временный итог, а сам метод приспособления к экспериментальным данным.

Что такой процесс ведет в конечном счете к установлению или, как я предпочел бы говорить, к выявлению простых законов природы, в этом Поль был твердо убежден. Но методологически исходным пунктом для него была конкретная проблема, а не глобальная закономерность. Когда он описывал мне свой метод, у меня часто появлялось ощущение, что для него физическое исследование выглядит так же, как для иных альпинистов сложное скалолазание. Единственной реальной задачей для них является преодоление очередных трех метров. Если это будет шаг за шагом удаваться, мы в конце концов достигнем вершины. Но заранее представлять себе весь путь восхождения со всеми его трудностями — значит только расстраивать себя. Кроме того, реальные проблемы начинаешь понимать, только дойдя до трудных участков пути. Мне такая аналогия казалась никуда не годной. Если оставаться в рамках того же образного сравнения, то лично я мог бы двинуться в путь, только приняв сперва решение обо всем маршруте в целом. Мне всегда казалось, что отдельные трудности и препятствия можно преодолеть тогда и только тогда, когда найден верный общий маршрут. Негодность сравнения науки с альпинизмом состояла для меня в том, что относительно скалы никогда не может быть уверенности в реальной возможности подняться на нее. Но в отношении природы я твердо верил в то, что ее связи в конечном счете просты; природа, было мое убеждение, устроена так, что ее можно понять. Или, пожалуй, правильнее было бы сказать в обратном порядке: наша мыслительная способность так устроена, что она может понять природу. Основанием для такой уверенности могло служить то, о чем говорил Роберт в нашей беседе у озера Штарнбергер-Зее. Те же самые упорядочивающие силы, которые создали природу во всех ее формах, ответственны и за строение нашей души, а значит, и наших мыслительных способностей.

Мы с Полем много говорили об этих вопросах метода и о видах на будущее развитие науки. Несколько утрируя наши позиции, кото-

рые здесь не совпадали, можно было бы приписать Полю правило: «Никогда не решай более одной единственной проблемы зараз», тогда как я утверждал нечто прямо противоположное: «Никогда нельзя решать только одну проблему, всегда приходится иметь дело сразу с несколькими». Поль своей формулировкой хотел прежде всего дать понять, что он считает намерение браться за решение сразу нескольких проблем самонадеянностью. Он очень хорошо знал, с каким упорством приходится бороться за каждый шаг вперед в столь далеко отстоящей от повседневного опыта области, как атомная физика. Я, со своей стороны, хотел лишь напомнить о том, что подлинное решение проблемы достигается только если мы благодаря ей наталкиваемся на простые универсальные связи. Тогда сами собой совершенно неожиданным образом отпадают и многие другие трудности. Так что обе наши формулировки заключали в себе большую долю истины, и мы могли утешать себя по поводу их кажущегося противоречия, вспоминая одно изречение Нильса Бора, которое не раз от него слышали. Нильс любил говорить: «Противоположность верного утверждения — ложное утверждение. Но противоположностью глубокой истины может оказаться другая глубокая истина».

IX. БЕСЕДЫ О СВЯЗИ МЕЖДУ БИОЛОГИЕЙ, ФИЗИКОЙ И ХИМИЕЙ (1930—1932)

По возвращении из Америки и Японии я впрягся в Лейпциге в большой круг обязанностей. Я должен был вести лекции и практические занятия, принимать участие в заседаниях факультета и экзаменах, модернизировать крошечный Институт теоретической физики и на семинаре по атомной физике знакомить молодых физиков с квантовой теорией. Столь разнообразная деятельность была мне в новинку и доставляла много радости. Но связь с копенгагенским кружком, сплотившимся вокруг Нильса Бора, сделалась для меня с течением лет столь необходимой, что я почти каждые каникулы ездил на несколько недель в Копенгаген для совещаний с Нильсом и остальными друзьями о новейших событиях в нашей науке. Многие важные беседы развертывались, однако, не в Институте Бора, а на его даче в Тисвильде или на парусной яхте, которую Нильс вместе с некоторыми своими друзьями держал в копенгагенской гавани на Лангелиние и на которой можно было выходить далеко в Балтийское море.

Загородный дом Бора стоял на севере острова Зеландия в нескольких километрах от берега моря, у края большого лесного массива. Мне он был знаком еще по нашему первому пешему путешествию по острову. На часто посещавшийся нами пляж мы ходили широкой песчаной лесной дорогой, столь прямой, что можно было догадаться, что весь лес был некогда искусственно посажен для защиты от штормов и блуждающих дюн. Нильс, когда его дети были еще маленькими, держал лошадь с повозкой, и я всегда почитал за особую честь, если мне разрешалось самому с кем-либо из детей прокатиться через лес в роли кучера.

Вечерами мы часто усаживались у горящего камина. Его топка создавала, однако, определенные проблемы. Если двери гостиной были закрыты, камин сильно дымил. Мы были вынуждены поэтому держать открытой хотя бы одну дверь. Тогда поднималась сильная тяга, и огонь гудел в камине. Но устремлявшийся снаружи холодный воздух выстуживал комнату. Нильс, любивший парадоксальные формулировки, говорил, что камин устроен для охлаждения комнаты. Тем не менее уютное место возле камина было любимо всеми, и здесь развертывались весьма оживленные беседы на интересовавшие нас темы, особенно когда в гости приезжали еще и другие физики из Копенгагена. Мне лучше всего запомнился один вечер, во время которого, если не ошибаюсь, нашими собеседниками были Крамерс и Оскар Клейн. Как часто бывало уже и раньше, наши мысли и речи

вращались вокруг старых дискуссий с Эйнштейном и того факта, что нам не удалось примирить Эйнштейна со статистическим характером новой квантовой механики.

— Не странно ли,— начал Оскар Клейн,— что Эйнштейну так трудно признать роль случайности в атомной физике? Ведь статистическую теорию теплоты он знает лучше многих других физиков, и ему лично принадлежит убедительный статистический вывод закона теплового излучения Планка. Значит, подобные идеи ему явно не чужды. Почему же тогда он считает своим долгом отвергать квантовую механику только на том основании, что в ней случайность приобретает принципиальное значение?

— Именно возведение ее в принцип ему и мешает,— попытался я ответить.— Что никто не знает, как движется каждая молекула воды в полной кастрюле воды, это само собой понятно. Никто поэтому не станет удивляться, что нам, физикам, приходится применять здесь статистику, так же, как, например, страховой компании приходится производить статистические расчеты ожидаемой продолжительности жизни застрахованных ею людей. Но в принципе классическая физика допускала по крайней мере теоретическую возможность проследить за движением каждой отдельной молекулы и описать его, пользуясь законами ньютоновской механики. Иначе говоря, предполагалось, что в каждый момент состояние природы является объективной данностью, и из него можно вывести заключение о ее состоянии в следующий момент. В квантовой механике все обстоит существенно иным образом. Мы не можем вести наблюдения, не внося помеху в наблюдаемый феномен, и влияние квантовых эффектов на инструменты наблюдения само по себе вызывает неопределенность в наблюдаемом феномене. С этим как раз не может примириться Эйнштейн, хотя все факты ему прекрасно известны. Он считает, что наша интерпретация еще не дает полного анализа феномена, что в будущем обязательно удастся отыскать какие-то другие, новые факторы, с помощью которых феномен будет установлен объективно и полностью. Но это заведомо ложная надежда.

— Я не совсем согласен с тем, что ты говоришь,— возразил Нильс.— Принципиальное различие между положением в старой статистической теории теплоты и в квантовой механике имеется, но ты сильно преувеличил его масштабы. Кроме того, такие формулировки, как «наблюдение вносит помеху в феномен», по-моему, неточны и вводят в заблуждение. По сути дела, природа атомных явлений учит нас, что мы вообще не имеем права применять слово «феномен», не уточнив при этом, какую экспериментальную методику или какой инструмент наблюдения мы имеем в виду. Если постановка эксперимента описана и конкретный результат наблюдения получен, то можно говорить уже о феномене, а не о нарушении феномена нашим наблюдением. Да, действительно, мы уже не можем сопоставлять результаты различных наблюдений столь непосредственно, как в прежней физике. Но не следует здесь видеть нарушение феномена наблюдением; лучше говорить о невозможности объективи-

ровать результат наблюдения так, как это происходит в классической физике или в повседневном опыте. Различные ситуации наблюдения — я тут имею в виду совокупность постановки эксперимента, снятия показаний приборов и т. д.— часто взаимодополнительны, т. е. они исключают друг друга, не могут быть осуществлены одновременно, а результаты одной из них нельзя однозначно сопоставлять с результатами другой. Словом, я не могу усмотреть такой уж принципиальной разницы между положением дел в квантовой механике и в учении о теплоте. Ситуация наблюдения, в которой проводится измерение температуры или снятие показаний термометра, находится во взаимоисключающем отношении с другой ситуацией, в которой могут быть определены координаты и скорости всех входящих в рассмотрение частиц. Ибо в само понятие температуры необходимо входит как раз та степень незнания о микроскопических определяющих частицах системы, которой характеризуется так называемое каноническое распределение. Или, выражаясь менее академично: если система, состоящая из многих частиц, непрерывно обменивается энергией со своим окружением или с другими макросистемами, то энергия отдельных частиц, равно как и всей системы, постоянно колеблется, но средние значения для многих частиц за большие отрезки времени очень точно соответствуют средним значениям этого нормального, или «канонического» распределения. Это все есть уже у Гиббса. Причем температуру можно определить лишь через обмен энергией. Поэтому точное знание температуры несочетаемо с точным знанием местоположения и скоростей молекул.

— Но не получается ли в таком случае,— спросил я,— что температура перестает быть объективным свойством? До сих пор мы все-таки считали утверждение «чай в этом чайнике имеет температуру 70° » объективным высказыванием. Это значит, что каждый, кто измерит температуру чая в чайнике, установит, что она именно 70° независимо от способа измерения. Если же понятие температуры по существу равносильно высказыванию о степени нашего знания или незнания того, как движутся молекулы в чайной жидкости, то для разных наблюдателей температура может оказаться совершенно разной, даже если истинное состояние системы одно и то же; ведь разные наблюдатели могут обладать равной степенью знания.

— Нет, это неверно,— прервал меня Нильс.— Уже само слово «температура» относится к некоторой ситуации наблюдения, при которой происходит обмен энергией между чаем и термометром, какими бы ни были свойства термометра. Термометр поэтому только тогда является действительно термометром, когда движения молекул в подлежащей измерению системе, в данном случае чае, и в термометре с требуемой степенью точности соответствует «каноническому» распределению. А при таком условии все термометры дадут один и тот же результат, и в этом смысле температура оказывается объективным свойством. Отсюда ты опять-таки можешь видеть, как проблематичны понятия «объективный» и «субъективный», которые мы раньше так бездумно применяли.

Крамерса что-то смущало в такой интерпретации температуры, и он попросил от Нильса разъяснений, в каком смысле тот говорит о температуре определенной системы. «Ты описываешь ситуацию в чайнике примерно так,— сказал он,— словно хочешь констатировать своего рода соотношение неопределенности между температурой и энергией чайника с чаем. Но ведь физика, по крайней мере прежняя, вряд ли придерживается твоей точки зрения?»

— До известной степени придерживается,— возразил Нильс.— Ты это лучше всего поймешь, поставив вопрос, скажем, о свойствах отдельного атома водорода в чае. Температура этого атома водорода, если о ней вообще можно говорить, явно такая же, как у чая, скажем 70° , потому что он участвует в теплообмене с другими молекулами чая. Однако его энергия колеблется именно вследствие этого теплообмена. Поэтому для его энергии можно задать только вероятностное распределение. Если бы мы измерили, наоборот, энергию атома водорода, а не температуру чая, то не смогли бы по этой энергии с определенностью заключить о температуре чая и опять дали бы только вероятностное распределение для его температуры. Относительный диапазон этого вероятностного распределения, а значит, неточность в определении значения температуры или энергии в случае такого малого объекта, как атом водорода, велики и поэтому должны быть приняты во внимание. Если даже взять большой объект, например определенный объем чая внутри всей жидкости, диапазон вероятности окажется намного уже, и им можно будет пренебречь.

— В старом учении о теплоте,— не успокаивался Крамерс,— как мы ее преподаем студентам, объекту все-таки одновременно приписывается всегда и энергия, и температура. О неточности или о соотношении неопределенности между этими величинами никакой речи нет. Как это сочетается с твоими взглядами?

— Это старое учение о теплоте,— отвечал Нильс,— относится к статистической теории теплоты примерно так же, как классическая механика к квантовой механике. В случае больших объектов мы не совершаем, по существу, никакой ошибки, если одновременно приписываем определенные значения их температуре и энергии, подобно тому, как для подобных объектов мы имеем право одновременно задавать определенные значения их координат и скоростей. Но в отношении очень малых объектов и то, и другое становится неверным. В учении о теплоте до сих пор часто говорили, правда, что эти малые объекты обладают энергией, но не температурой. Однако это кажется мне не очень удачным выражением уже потому, что мы не знаем, где надо проводить границу между малыми и большими объектами.

Теперь мы смогли хорошо понять, почему для Нильса принципиальная разница между статистическими законами теории теплоты и статистическими законами квантовой механики значила гораздо меньше, чем для Эйнштейна. Нильс воспринимал дополненность как центральную черту описания природы, всегда присутствовавшую, только недостаточно учитывавшуюся в статистической

теории теплоты, особенно у Гиббса, тогда как Эйнштейн все еще исходил из мира представлений ньютоновской механики или максвелловской теории поля и совсем не замечал черт дополнительности в статистической термодинамике.

Дискуссия переключилась на другие области применения принципа дополнительности, и Нильс заговорил о том, что этот принцип мог бы оказаться важным и для отграничения биологических процессов от физико-химических закономерностей. Однако эта тема еще подробнее обсуждалась на одной из наших больших парусных прогулок, так что, пожалуй, здесь было бы уместно пересказать одну из наших длинных вечерних бесед на яхте.

Капитаном яхты был физикохимик Копенгагенского университета Нильс Бьеррум, в котором суховатый юмор бывалого моряка сочетался с основательной подготовкой в вопросах навигации. Уже при моем первом посещении яхты его притягательная личность внушила мне такое доверие, что я был готов в любой ситуации слепо следовать его приказам. В команду, кроме Нильса, входил еще хирург Чивиц, который любил иронически комментировать события на борту яхты и часто донимал капитана своими дружескими насмешками. Бьеррум умел, однако, очень хорошо противостоять этим нападкам, и прислушиваться к их перебранке было настоящим удовольствием. Не считая меня, членами команды были еще два человека, чьи имена мне теперь уже не припоминаются.

В конце каждого лета яхта «Чита» переправлялась из Копенгагена в Свендборг на острове Фюн, где она оставалась на зиму для проведения необходимого ремонта. Даже при попутном ветре невозможно было осилить путь до Свендборга в один день, поэтому мы настроились на многодневное путешествие. Мы отправились из Копенгагена рано на рассвете при довольно-таки свежем северо-западном ветре и ясном небе. Уже очень скоро мы миновали южный берег острова Амагер и вошли в открытую бухту Кеге, двигаясь на юго-запад. Через несколько часов пути показался высокий утес Стевнс—Клинг. Но как только мы миновали и его, ветер прекратился. Почти недвижно стояли мы среди спокойного моря, и через один-два часа начали проявлять нетерпение. Поскольку незадолго до того разговор у нас был о неудачной экспедиции на Северный полюс, Чивиц заметил Бьерруму: «Если и впредь ветер будет таким же, наш провиант скоро подойдет к концу, и нам придется бросать жребий, кого съест первым». Бьеррум протянул бутылку пива со словами: «Я не знал, что тебе так скоро понадобится подкрепление для души, но бутылки, надеюсь, хватит еще на один час штиля». Однако перемена произошла быстрее, чем мы думали. Ветер совершенно сменился и дул теперь с юго-запада, небо затянуло тучами, и вместе с крепчающим бризом упали первые капли дождя. Нам пришлось одеться в свои непромокаемые костюмы. Входя в узкий пролив между островами Зеландия и Мён, мы уже должны были бороться с резким южным ветром и сильными ливнями. Узкий фарватер заставлял нас столь часто менять курс, что часа через два мы были уже близки

к истощению. Руки у меня горели и распухли от непривычной работы с канатами, а Чивиц заметил: «Да, более узкого фарватера нашему капитану, к сожалению, найти не удалось. Впрочем, мы ведь отправились в увеселительную прогулку, так что нельзя принимать все это слишком уж всерьез». Нильс мужественно держался, не отставая от других при всех маневрах, и я удивлялся, сколько у него еще в запасе физических сил.

Наконец с наступлением сумерек мы достигли Сторстрёма, широкого водного пути между островами Зеландия и Фальстер, и поскольку наш путь теперь лежал на северо-запад, а дождь прекратился, началось спокойное плавание почти по ветру. Мы сумели отдохнуть и стали разговорчивыми. Теперь в полной темноте приходилось идти по компасу, лишь временами удавалось сориентироваться по далеким маякам. Кое-кто из команды улегся в кубрике, чтобы отдохнуть от тяжелой работы и поспать. Чивиц сидел за рулем, Нильс расположился рядом с ним, а моя обязанность была смотреть на самом носу вперед, следя за навигационными огнями кораблей, которые могли представлять для нас опасность. Чивиц рассуждал: «Да, с навигационными огнями у кораблей все обстоит благополучно, тут мы, надо думать, не столкнемся. Но если в здешние края забредет, к примеру, кит, у которого нет навигационных огней, ни красного по левому борту, ни зеленого по правому, то, пожалуй, легко может произойти столкновение. Гейзенберг, Вы видите китов?»

— Я вижу почти одних только китов,— отвечал я,— но предполагаю все же, что большинство из них — это большие волны.

— Надо надеяться. А что, собственно, произойдет, если мы столкнемся с китом? Наверное, и наше судно, и кит получат по пробоине. Но вот разница между живой и мертвой материей: пробоина у кита залечится сама собой, а нашей яхте придет конец. Особенно если мы ляжем с этой пробоиной на морское дно. И в лучшем случае нам все равно придется отдавать ее в ремонт.

Нильс вмешался в разговор: «С различием между живой и мертвой материей, пожалуй, не все так уж просто. У кита действительно действует, если можно так выразиться, формообразующая сила, заботящаяся о том, чтобы и после повреждения снова образовался целый кит. Естественно, кит ничего не знает об этой формообразующей силе. Она каким-то еще непознанным образом заложена в его биологической наследственности. Но корабль на самом деле тоже не совсем мертвый предмет. Он относится к человеку так же, как паутина к пауку или гнездо к птице. Формообразующая сила здесь исходит от человека, и ремонт яхты поэтому тоже в известном смысле аналогичен исцелению кита. Ведь не будь живое существо, в данном случае человек, причиной образования яхты, ее, разумеется, никогда нельзя было бы и отремонтировать. Есть, правда, важное отличие в том, что у человека эта формообразующая сила проходит через сознание».

— Говоря о формообразующей силе,— осведомился я,— имеешь ли ты в виду нечто совершенно чуждое прежней физике и химии,

чуждое сегодняшней атомной физике, или думаешь, что эта формирующая сила может как-то выразиться и в расположении атомов, в их взаимодействии, в каких-нибудь резонансных эффектах и тому подобном?

— Прежде всего придется констатировать,— отвечал Нильс,— что организм обладает чертой цельности, какой никогда не может обладать система из множества атомных кирпичиков, если о ней судить с точки зрения классической физики.

Но мы сейчас говорим уже не о старой физике, а о квантовой механике. Конечно, соблазнительно сравнить целостные структуры, математически описываемые в квантовой теории, например стационарные состояния атомов и молекул, со структурами, возникающими вследствие биологических процессов. Но тут есть и очень характерные различия. Целостные структуры атомной физики — атомы, молекулы, кристаллы — это статические образования. Они состоят из определенного числа элементарных ячеек, атомного ядра и электронов и не обнаруживают никакого изменения во времени, разве что испытывают нарушение извне. В случае такого внешнего нарушения они, правда, как-то реагируют на него, но если нарушение было не слишком большим, они по прекращении его снова возвращаются в исходное положение. Но организмы — не статические образования. Древнее сравнение живого существа с пламенем говорит о том, что живые организмы, подобно пламени, представляют собой такую форму, через которую материя в известном смысле проходит как поток. Явно невозможно, скажем, какими-нибудь измерениями определить, какие именно атомы принадлежат живому существу, а какие нет. Поэтому вопрос надо поставить так: можно ли из квантовой механики понять тенденцию к созданию таких образований, через которые на протяжении ограниченного времени «протекает» материя с весьма определенными и сложными химическими свойствами?

— Медику вообще не нужно заботиться о разрешении этой проблемы,— вставил Чивиц.— Он исходит из того, что организм обладает тенденцией к восстановлению нормальных условий, когда они нарушены и когда у организма есть для этого возможности, и медик вместе с тем убежден, что все процессы имеют причинно-следственный характер, т. е., например, в ответ на механическое или химическое вторжение происходит в точности то, что должно произойти по законам физики и химии. Что эти два способа рассмотрения совершенно не вяжутся между собой, большинством медиков не осознается.

— Так обычно и бывает в случае двух дополнительных способов рассмотрения,— заметил Нильс.— Мы либо описываем организм в понятиях, образовавшихся в ходе человеческой истории из опыта обращения с живыми существами, и тогда говорим о «живом теле», «органической функции», «обмене веществ», «дыхании», «процессе выздоровления» и т. д., либо спрашиваем о причинно-следственных зависимостях и тогда пользуемся языком физики и химии, изучаем химические или электрические процессы, например в нервных

волокон, исходя при этом из предположения, что физико-химические законы или, говоря вообще, законы квантовой механики без ограничений действуют в живом организме. Эти два способа рассмотрения противоречат друг другу. Ведь в одном случае мы исходим из предпосылки, что органические процессы определяются назначением, которому они служат, целью, на которую они направлены; в другом — считаем, что они обусловлены непосредственно предшествовавшей им ситуацией. Крайне мало вероятно, что оба процесса, так сказать, случайно дают один и тот же результат. Но оба способа рассмотрения дополняют друг друга; ибо мы по сути дела всегда заранее уже знаем, что оба они верны, по той простой причине, что жизнь есть. Перед биологией стоит вопрос не о том, какой из двух способов рассмотрения правильнее, а только о том, как природа сумела достичь их гармонии.

— Стало быть, ты не склонен верить,— вставил я,— что рядом с силами и взаимодействиями, известными из сегодняшней атомной физики, существует еще какая-то особая жизненная сила (вроде той, которую раньше постулировал витализм), проявляющаяся в образе действий живых организмов, например в заживлении раны у кита. На твой взгляд, типично биологические закономерности, для которых не существует аналога в неорганической материи, имеют место благодаря ситуации, описываемой твоим принципом дополнительности.

— Да, я думаю так,— признал Нильс.— И можно, конечно, сказать, что два способа рассмотрения, о которых мы говорили, относятся к дополнительным ситуациям наблюдения. В принципе мы могли бы, наверно, измерить положение каждого атома в отдельно взятой клетке. Но не удастся провести такое измерение, не убив живую клетку. В итоге мы узнаем расположение атомов в умерщвленной клетке, но не в живой. Если мы затем по законам квантовой механики рассчитаем, что произойдет далее с системой атомов, изученной в ходе наблюдения над такой клеткой, то ответ будет гласить, что клетка распадется, разложится или что-нибудь еще в этом роде. Если же мы, наоборот, захотим сохранить жизнь клетке и потому допустим лишь весьма ограниченное наблюдение ее атомарной структуры, то выводы, полученные из наших ограниченных данных, окажутся тоже верными, но не позволят судить о том, останется ли клетка живой или распадется.

— Я нахожу очень удобным это отграничение биологических закономерностей от физико-химических через принцип дополнительности,— продолжил я беседу.— Но сказанное тобою оставляет еще открытым выбор между двумя интерпретациями, которые на взгляд многих естествоиспытателей радикально различны. Попробуем помянуть о таком будущем состоянии естествознания, когда биология так же полностью сольется с физикой и химией, как в сегодняшней квантовой механике слились между собой физика и химия. Как потвоему, будут ли законы этой универсальной науки просто законами квантовой механики с добавлением биологических понятий подобно

тому, как законы ньютоновской механики можно дополнить такими статистическими понятиями, как температура и энтропия, или же в этом едином естествознании будут действовать природные законы какого-то более всеобъемлющего рода, в составе которых квантовая механика выступит лишь особым предельным случаем, подобно тому, как ньютоновскую механику можно считать предельным случаем квантовой механики? В пользу первой возможности говорит то, что квантовомеханические законы так или иначе должны быть восполнены концепцией эволюции, т. е. отбора, действующего в масштабе геологического времени, без чего той будущей универсальной науке не удастся объяснить разнообразие организмов. Нет оснований думать, что добавление такого исторического элемента вызовет принципиальные трудности. Организмы тогда можно будет считать формами, до которых в рамках квантовомеханических законов доросла природа на Земле за несколько миллиардов лет. Но есть аргументы и в пользу второй концепции. Например, можно сказать, что в квантовой теории до сих пор не зафиксировано никакой тенденции образования таких целостных форм, которые сохраняются со своими очень специфическими химическими свойствами в течение определенного времени при постоянной смене входящей в их состав материи. Мне не известно, сколь весомы аргументы в пользу той и другой концепции. Но что об этом думаешь ты, Нильс?

— Прежде всего, мне не кажется, — отвечал Нильс, — чтобы выбор одной из двух возможностей был так уж важен на теперешней стадии развития науки. Речь все-таки идет прежде всего о том, чтобы рядом с определяющей ролью физических и химических закономерностей в природных явлениях найти подобающее место для биологии. А для этого явно достаточно соображений о дополнительности двух установленных нами ситуаций наблюдения. Поэтому дополнение квантовой механики биологическими понятиями так или иначе произойдет. Но потребуется ли помимо такого дополнения также еще и расширение квантовой механики, этого пока еще невозможно предвидеть. Возможно, богатство математических форм, заключенное в квантовой теории, давно уже достаточно велико, чтобы охватить и биологические образования. До тех пор, пока само биологическое исследование не видит никаких оснований для расширения квантотеоретической физики, нам самим, очевидно, не следует настаивать на его необходимости. В науке всегда лучше быть предельно консервативным и идти на расширение теоретической базы только под давлением не поддающихся объяснению экспериментальных данных.

— Есть, однако, биологи, считающие, что такое давление налицо, — продолжил я беседу, — думающие, что дарвиновская теория в ее сегодняшней форме — «случайные мутации и естественный отбор» — недостаточна для объяснения разнообразия органических форм на Земле. Конечно, человеку с улицы все кажется совершенно понятным, когда он узнает от биологов, что возможны случайные мутации, что таким образом наследственность соответствующего вида

временами изменяется то в одном, то в другом направлении и что условия окружающей среды способствуют размножению некоторых мутантных видов и препятствуют размножению других. Когда Дарвин объясняет, что здесь происходит процесс отбора, что «выживает самый сильный», то этому охотно веришь, но можно, пожалуй, спросить, идет ли в этой фразе речь о теоретическом высказывании или просто об определении слова «сильный»? Ведь мы называем «сильными», или «приспособленными», или «жизнеспособными» как раз те разновидности, которые особенно хорошо развиваются в данных обстоятельствах. Однако, даже если мы согласимся, что в процессе отбора возникают особенно приспособленные или жизнеспособные виды, все равно еще очень трудно поверить, что столь сложные органы, как, например, человеческий глаз, постепенно возникли просто вследствие случайных изменений. Многие биологи явно полагают, что подобные вещи возможны, и способны даже указать, какие именно шаги в ходе истории Земли могли привести к тому конечному результату, образованию глаза. Но другие, похоже, настроены скептически.

Мне рассказывали о беседе математика и квантового теоретика фон Неймана с одним биологом по этому вопросу. Биолог был убежденным приверженцем современного дарвинизма, фон Нейман относился к дарвинизму с недоверием. Математик подвел биолога к окну своего кабинета и сказал: «Вы видите вон там на холме прекрасный белый дом? Он возник случайно. В течение миллионов лет геологические процессы образовали этот холм, деревья вырастали, сохли, разлагались и снова вырастали, потом ветер покрыл вершину холма песком, камни туда забросило, наверное, каким-то вулканическим процессом, и они случайно вдруг легли друг на друга в определенном порядке. Так все и шло. Естественно, в ходе истории Земли благодаря этим случайным неупорядоченным процессам возникало большей частью все время что-то другое, но однажды через много, много времени возник этот дом, потом в него вселились люди и живут в нем сейчас». Биологу было, разумеется, немного не по себе от такой логики. Но ведь фон Нейман все-таки не биолог, и я не осмеливаюсь выносить суждение о том, кто тут прав. Думаю, что и среди биологов нет единого мнения о том, достаточен ли дарвиновский процесс отбора для объяснения сложных организмов или нет.

— Вопрос, пожалуй, упирается просто во временную шкалу, — предположил Нильс — Теория Дарвина в ее сегодняшней форме содержит, собственно, два независимых утверждения. Согласно одному из них, в процессе воспроизведения испытываются все новые формы, которые в своем большинстве при данных внешних обстоятельствах снова исчезают как непригодные; сохраняются лишь немногие приспособленные. Во-вторых, предполагается, что новые формы возникают вследствие чисто случайных нарушений геной структуры. Этот второй тезис, хоть и трудно придумать для него альтернативу, намного проблематичнее. Неймановский аргумент призван обратить внимание на то, что, хотя за достаточно долгое время случайно

может возникнуть почти все, однако путем подобного объяснения легко дойти до оперирования абсурдно длинными промежутками времени, каких в распоряжении у природы явно нет. Ведь из физических и астрофизических наблюдений нам известно, что от возникновения простейших живых существ на Земле прошло максимум несколько миллиардов лет. В этот период должно было уложиться все развитие от простейших до высокоразвитых живых существ. Достаточно ли было случайных мутаций и процесса отбора, чтобы за такое время возникли сложнейшие высокоразвитые организмы, — это зависит от того, какое биологическое время требуется для возникновения новых видов. По-моему, мы пока еще слишком мало знаем о характере этого времени, чтобы рассчитывать на надежный ответ. Так что пока приходится оставить всю проблему в покое.

— Другой довод, иногда приводимый в пользу расширения квантовой теории, — продолжал я, — основан на существовании человеческого сознания. Совершенно очевидным образом понятие «сознание» не встречается в физике и химии; нельзя, по сути дела, представить, чтобы нечто подобное исходило и от квантовой механики. А ведь в естествознании, охватывающем также и живые организмы, понятие «сознание» должно занимать определенное место, коль скоро оно принадлежит к действительности.

— Этот довод, — сказал Нильс, — выглядит в первый момент, конечно, очень убедительно. Среди понятий физики и химии нам не найти ничего имеющего хотя бы отдаленное отношение к сознанию. Мы знаем только, что сознание существует, поскольку сами им обладаем. Сознание является, таким образом, тоже частью природы или, выражаясь шире, действительности, и помимо физики и химии, чьи законы фиксированы в квантовой теории, мы должны уметь описывать и понимать закономерности еще и совсем другого рода. Но даже и тут я не знаю, требуется ли нам еще бóльшая свобода, чем та, которая уже предоставлена нам принципом дополненности. По-моему, и в данном вопросе мало разницы, будем ли мы — как в статистической интерпретации учения о теплоте — присоединять к квантовой механике, не изменяя ее, новые понятия и формулировать с их помощью новые закономерности или же, как пришлось сделать при расширении классической физики до квантовой теории, расширим квантовую теорию до какой-то более всеобъемлющей схемы, охватывающей также и факт сознания. Подлинная проблема в следующем: как возможно согласование той части действительности, которая берет начало в сознании, с другой ее частью, описываемой в физике и химии? Как получается, что закономерности обеих этих частей не вступают в конфликт между собой? Здесь явно имеет место подлинная ситуация дополненности, которую удастся, конечно, точнее проанализировать в деталях, когда мы будем знать больше о биологии.

Такая беседа продолжалась еще часами. Иногда Нильс брался за руль, а Чивиц следил за компасом; я все сидел впереди, стараясь различить в черной ночи какие-нибудь светящиеся точки.

Полночь миновала. Сквозь довольно еще плотные облака луна иногда давала знать о своем местоположении светлым пятном. С момента выхода в Сторстрём мы оставили позади уже добрых сорок километров и, значит, должны были приближаться к проливу Оме, который хотели еще пройти, прежде чем встать на якорь. Судя по морской карте, вход в пролив Оме был обозначен торчащей из воды метлой. Но как в непроглядной ночи после сорока километров движения по компасу под парусами в не очень спокойной воде можно найти метлу, оставалось для меня пока загадкой.

Чивиц спрашивал: «Гейзенберг, Вы уже нашли метлу?»

— Нет, Вы можете с равным успехом спросить, нашел ли я шарик от настольного тенниса, скатившийся за борт с последнего прошедшего тут судна.

— Тогда Вы плохой яхтсмен.

— Не могли бы Вы перейти на мое место?

Чивиц заговорил тогда так громко, что его можно было услышать внизу, в кубрике: «Вечно та же старая история, как во всех плохих романах: капитан спит, корабль налетает на риф, команда идет ко дну».

Снизу раздался сонный голос Бьеррума: «Знаете ли вы хоть приблизительно, где мы находимся?»

Чивиц: «Знаем, даже с полной точностью: на яхте «Чита» под командой капитана Бьеррума, к сожалению, спящего».

Бьеррум поднялся тогда наверх и взял на себя управление. Далеко на горизонте можно было различить сигнальные огни маяка, точно по которому следовало теперь взять направление. Кроме того, я получил задание измерить лотом глубину воды, что при сравнительно медленной скорости движения удалось сделать с достаточной точностью. Потом мы снова справились с картой, и поскольку мы располагали двумя координатами нашей позиции, прямой линией до маяка и линией замера глубины, можно было высчитать наше местоположение, которое, к нашему радостному изумлению, отстояло еще, по-видимому, на добрый километр от искомой метлы. Мы шли еще несколько минут в избранном направлении. Бьеррум перешел ко мне на самый нос, и когда я еще ничего не мог видеть, он вдруг сказал: «Вот она», и нам оставалось теперь лишь несколько сот метров до выхода в пролив Оме. По другую сторону острова мы встали на якорь и были все очень рады, что остаток ночи можно провести в каюте в глубоком сне.

Х. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ФИЛОСОФИЯ КАНТА (1930—1932)

Мой новый лейпцигский кружок быстро разрастался в те годы. Высокоодаренные молодые люди из самых разных стран съезжались к нам, чтобы принять участие в развитии квантовой механики или приложить ее к изучению структуры материи. Эти активные, открытые для всего нового физики обогатили наши семинарские дискуссии и почти каждый месяц расширяли сферу применения новых идей. Швейцарец Феликс Блох заложил основу понимания электрических свойств металлов, Лев Ландау из России и Рудольф Пайерлс спорили о математических проблемах квантовой электродинамики, Фридрих Хунд разрабатывал теорию химической связи, Эдвард Теллер считывал оптические свойства молекул. В возрасте едва лишь 18 лет к этой группе присоединился Карл Фридрих фон Вейцеккер и внес философскую ноту в ее беседы; хотя он изучал физику, отчетливо ощущалось, что всегда, когда в связи с нашими физическими проблемами на семинаре поднимались философские или гносеологические вопросы, он слушал особенно внимательно и напряженно и вступал в спор с глубокой внутренней заинтересованностью.

Специальный повод к философским беседам возник год или два спустя, когда молодая женщина-философ Грета Герман приехала в Лейпциг, чтобы поспорить с атомными физиками об их философских позициях, — позициях, в неправильности которых она вначале была твердо убеждена. Грета Герман училась и сотрудничала в кружке геттингенского философа Леонардо Нельсона, и ее образ мыслей сложился там в духе кантовской философии, как эта последняя была интерпретирована философом и естествоиспытателем Фризом в начале XIX в. К числу постулатов школы Фриза, а также кружка Нельсона относился тезис, что философские рассуждения должны обладать той же степенью строгости, какой требует современная математика. И вот, ориентируясь на эту степень строгости, Грета Герман надеялась доказать, что закон причинности — в том виде, какой придал ему Кант — нельзя изменить ни на йоту. А новая квантовая механика в известном смысле ставила эту форму причинности под вопрос, и молодая женщина-философ была полна решимости довести свою борьбу до конца.

Нашу первую беседу, в которой она дискутировала с Карлом Фридрихом фон Вейцеккером и мною, она начала, насколько я помню, следующим соображением:

«В философии Канта закон причинности не является эмпирическим утверждением, который можно было бы обосновать или опровергнуть на опыте, а напротив, он есть предпосылка всякого опыта и относится к тем категориям мысли, которые Кант называет «априорными». Чувственные впечатления, посредством которых мы воспринимаем мир, были бы всего лишь субъективной игрой ощущений, которым не соответствует никакой объект, если бы не существовало правила, по которому наши впечатления обусловлены предшествующими событиями. Это правило, а именно однозначность сопряжения причины и следствия, должно поэтому заранее уже предполагаться, если мы хотим объективировать восприятия, если мы хотим утверждать, что мы постигли нечто — какую-либо вещь или какой-либо процесс. С другой стороны, естествознание имеет дело с чувственным опытом, притом именно с объективным чувственным опытом; лишь такой опыт, который может быть проконтролирован другими, который в этом строгом смысле слова является объективным, может составлять предмет естествознания. Однако отсюда с необходимостью вытекает, что все естествознание должно заранее предполагать закон причинности, что естествознание существует лишь постольку, поскольку существует и закон причинности. Так что закон причинности в известном смысле есть орудие нашей мысли, которым мы пытаемся переработать в опыт сырой материал наших ощущений. И лишь в той мере, в какой это удастся, мы обладаем и предметом естествознания. Как же возможно, чтобы квантовая механика собиралась расшатать этот закон причинности и в то же время хотела оставаться естественной наукой?»

Я попытался в ответ обрисовать прежде всего те опытные данные, которые привели нас к статистической интерпретации квантовой теории.

— Допустим, мы имеем дело с одним отдельным атомом типа радий В. Конечно, намного легче экспериментировать со многими такими атомами сразу, т. е. с некоторым небольшим количеством радия В, чем с отдельным атомом, однако, в принципе, ничто не мешает исследовать поведение и отдельного такого атома. Так вот, мы знаем, что рано или поздно наш атом радия В излучит в том или ином направлении один электрон и превратится тем самым в атом радия С. В среднем это случится чуть меньше, чем через полчаса, однако превращение атома может с таким же успехом произойти через несколько секунд или лишь через несколько дней. «В среднем» здесь означает следующее: если мы имеем дело со многими атомами радия В, то через полчаса в атомы радия С превратится примерно их половина. Но мы не можем, и здесь-то как раз выражается определенная несостоятельность закона причинности, указать никакой причины, почему отдельный атом радия В распадается именно сейчас, а не раньше или позже, и почему он испускает электрон именно в этом, а не в каком-либо другом направлении. Причем, по многим основаниям мы убеждены, что такой причины вообще не существует.

— Именно тут, — возражала Грета Герман, — видимо, и кроется ошибка нынешней атомной физики. Из того факта, что еще не най-

дена причина определенного явления, никак невозможно заключить, будто такой причины не существует. Я бы вывела отсюда только то, что здесь перед нами еще нерешенная задача, иными словами, что атомные физики должны продолжать свои поиски до тех пор, пока они не найдут эту причину. Ваше знание о состоянии атома радия В перед испусканием электрона пока еще, видимо, неполно, ведь иначе, конечно, можно было бы определить, когда и в каком направлении должен излучиться электрон. Поэтому нужно искать дальше, пока не будет достигнуто полное знание.

— Нет, мы считаем наше знание уже полным, — пытался я объяснить подробнее. — Ведь из других экспериментов, которые мы можем поставить с тем же атомом радия В, явствует, что для этого атома не может вообще быть никаких других определяющих моментов, кроме тех, которые нам уже известны. Поясню детальнее: мы вот констатировали, что не известно, в каком направлении будет выпущен электрон, и Вы ответили, что, стало быть, нужно продолжать поиски определяющих факторов, детерминирующих это направление. Однако стоит нам предположить, что мы эти определяющие моменты нашли, как мы попадем в следующее затруднительное положение. Дело в том, что испускаемый электрон можно с равным успехом трактовать и как волну материи, излучаемую ядром атома. Подобная волна может привести к явлениям интерференции. Предположим теперь, что части этой волны, которые сначала были испущены атомным ядром в противоположных направлениях, приводят в специально для этого установленной аппаратуре к интерференции и что в результате срабатывания этого аппарата в определенном направлении возникает гашение волн. А это позволяет с уверенностью предсказать, что в конечном счете электрон в данном направлении излучен не будет. Если бы мы узнали новые определяющие свойства, из которых вытекало бы, что электрон будет испущен атомным ядром в каком-то совершенно определенном направлении, то явление интерференции вообще не смогло бы иметь места. Гашения вследствие интерференции не произошло бы, и выведенное ранее заключение не оправдалось бы. Однако фактически гашение будет наблюдаться экспериментально. Тем самым природа сообщает нам, что те определяющие свойства, о которых у нас идет спор, не существуют и что наше знание является полным и без них.

— Но ведь это же ужасно, — говорила Грета Герман. — С одной стороны, Вы говорите, что наше знание атома радия В неполно, потому что мы не знаем, когда и в каком направлении будет послан электрон; а с другой стороны, Вы говорите, что знание полно, потому что если бы имелись новые определяющие моменты, то мы оказались бы в противоречии с некоторыми другими экспериментами. Однако не может же наше знание быть одновременно полным и неполным. Это же просто бессмыслица.

Карл Фридрих попытался тогда несколько точнее проанализировать предпосылки кантовской философии. «Кажущееся противоречие, — сказал он, — возникает здесь, несомненно, потому что во всем,

что мы говорим, мы ведем себя таким образом, как если бы можно было вести речь об атоме радия В «в себе». Однако это не само собой разумеется и, собственно, даже неверно. Уже у Канта «вещь в себе» является проблематичным понятием. Кант знает, что о «вещи в себе» нельзя ничего высказать; нам даны лишь объекты чувственного восприятия. Однако Кант допускает, что мы можем сочетать или упорядочивать эти объекты восприятия, так сказать, по модели «вещи в себе». Он выставляет, таким образом, в качестве априорно данной, собственно говоря, ту структуру опыта, к которой мы привыкли в повседневной жизни и которая в более точной форме составляет основу классической физики. Согласно обычному мировосприятию, мир состоит из вещей в пространстве, изменяющихся во времени, из процессов, которые следуют друг за другом по определенному правилу. Однако атомная физика научила нас, что восприятия уже не могут сочетаться или упорядочиваться по модели «вещи в себе». Поэтому не существует также и атома радия В «в себе».

Грета Герман перебила его: «Способ, каким Вы употребляете понятие «вещи в себе», представляется мне не вполне отвечающим духу кантовской философии. Вы должны четко различать между вещью в себе и физическим предметом. Вещь в себе у Канта не выходит к явленности, даже опосредованным образом. Ее понятие в естествознании и во всей теоретической философии функционирует лишь как обозначение того, о чем совершенно ничего невозможно знать. Ведь все наше знание покоится на опыте, а опыт как раз и означает знание вещей, какими они являются нам. Априорное знание тоже направлено не на «вещи», какими они могут быть «в себе», поскольку его единственная функция в том, чтобы делать опыт возможным. Когда в смысле классической физики Вы говорите об атоме радия В «в себе», то Вы имеете здесь в виду скорее то, что Кант называет предметом или объектом. Объекты суть части мира явлений: столы и стулья, звезды и атомы».

— Даже когда их не видно, как, например, атомы?

— Даже тогда, потому что мы заключаем о них из их явления. Мир явлений есть взаимосвязанная структура, больше того, даже в повседневных жизненных восприятиях невозможно четко отличить то, что мы видим непосредственно, от того, о чем мы лишь заключаем. Вы видите этот стул; его спинку Вы именно вот сейчас не видите, однако предполагаете ее с той же достоверностью, как и переднюю часть, которую Вы видите. Это как раз и означает, что естествознание объективно: оно объективно, потому что говорит не о восприятиях, а об объектах.

— Но в атоме мы не видим ни передней, ни задней стороны. Почему же он должен иметь те же свойства, что стулья и столы?

— Потому, что это объект. Без объектов нет объективной науки. А то, что такое объект, определяется через категории субстанции, причинности и т. д. Если Вы отказываетесь от строгого применения этих категорий, значит Вы отказываетесь и от возможности опыта вообще.

Однако Карл Фридрих не собирался сдаваться: «В квантовой теории речь идет о новом способе объективации восприятий, до которого Кант еще не мог додуматься. Каждое восприятие соотносится с ситуацией наблюдения, которая должна быть очерчена, если только мы хотим от восприятия перейти к опыту. Результат восприятий уже не поддается объективации таким же образом, как это было возможно в классической физике. Когда ставится эксперимент, из которого может быть выведено заключение, что здесь и теперь имеется в наличии атом радия В, то добытое тем самым знание является полным для данной ситуации наблюдения; однако для другой ситуации наблюдения, которая предполагает, например, высказывания об испущенном электроны, это знание уже не является полным. Если две различных ситуации наблюдения находятся между собой в отношении, которое названо у Бора отношением дополнительности, то полное знание для одной ситуации наблюдения означает вместе с тем неполное знание для другой».

— Так Вы хотите разрушить весь кантовский анализ опыта?

— Нет, по моему мнению, это было бы даже и невозможно. Кант очень точно пронаблюдал, как в действительности приобретаетсся опыт, и я считаю, что его анализ в существенных чертах правилен. Но когда Кант характеризует формы созерцания — пространство и время, а также категорию причинности в качестве априорно предшествующих опыту, то он подвергает себя здесь той опасности, что одновременно и абсолютизирует их, и утверждает, будто они и со своей содержательной стороны тоже должны выступать в любой естественнонаучной теории в одном и том же виде. Но это неверно, как обнаружено теорией относительности и квантовой теорией. Тем не менее в одном смысле Кант совершенно прав: эксперименты, которые ставит физик, должны сначала описываться обязательно на языке классической физики, потому что иначе не будет возможности сообщить другому физика, что и как измерено. И лишь благодаря этому другой оказывается в состоянии проконтролировать результаты. Таким образом, кантовское «априори» современной физикой нисколько не отвергается, оно только в известном смысле релятивизируется. Понятия классической физики, т. е., между прочим, и понятия «пространство», «время», «причинность», являются в этом смысле априорными для теории относительности и квантовой теории, коль скоро они должны использоваться при описании эксперимента — или, скажем осмотрительнее, фактически используются. Однако содержательно они в этих новых теориях все же модифицируются.

— И при всем том я еще не получила совершенно ясного ответа на исходный вопрос,— сказала Грета Герман.— Я хотела бы все же знать, почему там, где мы не нашли пока никаких причин, достаточных для предварительного расчета того или иного события, например испускания электрона, мы не должны искать дальше. Вы ведь не хотите просто запретить эти поиски; Вы только говорите, что они ни к чему не приведут, так как новых определяющих моментов не может

быть, поскольку именно математически точно формулируемая неопределенность только и позволяет делать определенные предсказания о том, что произойдет при всякой новой постановке опыта. И это подтверждается экспериментами. Когда говорят подобные вещи, неопределенность в известном смысле выступает в качестве физической реальности, она приобретает объективный характер, а ведь обычно неопределенность истолковывается как простое незнание и в этом смысле является чем-то чисто субъективным.

Тут я попытался снова вступить в беседу и сказал: «В своих словах Вы точно описали характерную черту сегодняшней квантовой теории. Если мы хотим делать из атомных явлений выводы о каких-то закономерностях, то обнаруживается, что нам приходится приводить в закономерную взаимосвязь уже не объективные процессы в пространстве и времени, а — употреблю выражение поосторожнее — ситуации наблюдения. Лишь для них мы получаем эмпирические закономерности. Математические символы, с помощью которых мы описываем подобные ситуации наблюдения, отражают скорее возможное, чем фактическое. По-видимому, можно было бы сказать, что они представляют собой промежуточное звено между возможным и фактическим, которое можно назвать объективным самое большее в таком же смысле, как, например, температуру в статистической термодинамике. Это вполне определенное познание возможного, хотя и допускает надежное и строгое прогнозирование, но, как правило, оно позволяет делать заключения лишь о вероятности того или иного будущего события. Кант не мог предвидеть, что в сферах опыта, которые расположены далеко за пределами повседневности, упорядочение чувственного восприятия по модели «вещи в себе» или, если хотите, «предмета» уже неосуществимо и что, следовательно, выражая в простой формуле, атомы уже не являются вещами или предметами».

— Но что же они тогда такое?

— Для обозначения этого едва ли может существовать выражение в языке, поскольку наш язык построен на повседневном опыте, а атомы как раз не являются предметами повседневного опыта. Но если Вы удовлетворитесь косвенным описанием, то они суть составные части ситуаций наблюдения — составные части, обладающие высокой объяснительной ценностью при естественнонаучном анализе явлений.

— Раз уж мы заговорили о трудностях языкового выражения, — вставил здесь Карл Фридрих, — то, возможно, важнейший урок, который мы можем вывести из современной физики, состоит в том, что все понятия, служащие нам для описания опыта, имеют лишь ограниченную область применения. Для всех таких понятий, как «вещь», «объект восприятия», «временная точка», «одновременность», «протяжение» и т. д., мы можем указать экспериментальные ситуации, в которых эти понятия ставят нас в затруднительное положение. Это не означает, что данные понятия перестают быть предпосылкой всякого опыта, но означает, что они — такая предпосылка, которая

всякий раз нуждается в критическом анализе и из которой нельзя выводить абсолютных требований.

Грета была очень расстроена таким поворотом нашей беседы. Она надеялась, что сможет в опоре на идейный инструментарий кантовской философии со всей убедительностью опровергнуть претензии атомных физиков или же, наоборот, убедиться в том, что Кант в каком-то месте допустил существенную ошибку. Однако ее надежды не оправдались. Все кончилось какой-то бесцветной неопределенностью, которая мало отвечала ее потребности в ясности. Поэтому она еще раз спросила: «Не равнозначна ли эта Ваша релятивизация кантовского «априори», да и самого языка, принятию позиции полной безнадежности в смысле «я вижу, что мы ничего не можем знать»? Стало быть, по-вашему, в конечном счете нет такой основы для познания, на которую можно было бы положиться?»

Карл Фридрих смело ответил с юношеским задором, что именно в развитии естествознания он черпает оправдание для более оптимистического воззрения:

«Когда мы говорим, что с помощью своего понятия «априори» Кант верно проанализировал гносеологическую ситуацию тогдашней естественной науки, но что в современной атомной физике мы стоим перед иной гносеологической ситуацией, то подобное высказывание, по-видимому, отчасти сродни другому высказыванию, согласно которому архимедовские законы рычага содержали верную формулировку существенных для тогдашней техники практических правил, но для нов уже недостаточно. Архимедовские законы рычага содержат подлинное знание, а не просто неопределенные мнения. Они будут действительны всегда, когда будет идти речь о рычагах, и если в планетах какой-нибудь очень отдаленной звездной системы существуют рычаги, то положения Архимеда там тоже должны быть верны. Поэтому вторая часть моего тезиса — что с расширением познания люди достигли областей техники, в которых понятие рычага уже не достаточно,— не означает, собственно говоря, ни релятивизации, ни историзации законов рычага; она означает лишь, что законы рычага в ходе исторического развития становятся частью более обширной системы техники и что впредь они уже не будут иметь того центрального значения, которое имели вначале. Подобным же образом я считаю, что кантовский анализ познания содержит подлинное знание, а не неопределенное мнение, и что он остается верен везде там, где живые существа, способные к рефлексии, вступают с окружающим миром в отношение, которое мы с нашей человеческой точки зрения называем «опытом». Однако и кантовское «априори» может позднее быть вытеснено со своего центрального места и стать частью гораздо более обширной системы анализа познавательных процессов. Конечно, было бы явно неправильным делом расширять тут естественнонаучное или философское знание, твердя, что «у каждого времени свои собственные истины». Но надо все же иметь в виду, что с историческим развитием меняется и структура

человеческого мышления. Наука идет вперед не только потому, что нам становятся известны и понятны новые факты, но и потому, что мы все время заново учимся тому, что может означать слово «понимание».

Этим ответом, отчасти восходящим к Бору, Грета Герман, как нам показалось, была в известной степени удовлетворена, а у нас появилось ощущение, что мы лучше поняли отношение кантовской философии к современному естествознанию.

XI. ДИСКУССИЯ О ЯЗЫКЕ (1933)

«Золотой век атомной физики» быстро шел теперь к своему концу. В Германии нарастала политическая смута. Радикальные группы справа и слева демонстрировали на улицах, вели вооруженную борьбу на задних дворах беднейших городских кварталов и агитировали друг против друга на публичных собраниях. Почти незаметно распространилось беспокойство, а с ним страх также и в университетской жизни и на факультетских заседаниях. Какое-то время я пытался не замечать опасности, игнорировал инциденты на улицах. Но действительность в конечном итоге все-таки сильнее, чем наши желания, и на этот раз она вторглась в мое сознание в форме сна. В одно воскресное утро я собирался с Карлом Фридрихом отправиться пораньше на велосипедную прогулку; я поставил будильник на пять часов. Но перед пробуждением в полусне мне предстала странная картина. Я снова, как в феврале 1919 года, шел с первыми лучами утреннего солнца по Людвигштрассе в Мюнхене. Улица была залита красноватым, все более ярким и жутким светом, скорее от огня, чем от утреннего солнца. Людские толпы с красными и черно-белокрасными знаменами текли от Триумфальной арки к фонтану перед университетом, какой-то неистовый гул наполнял воздух. Вдруг прямо передо мной застучал пулемет. Я попытался скрыться в безопасное место — и проснулся; стук пулемета был просто звоном будильника, а красноватый свет был солнечным лучом на шторах моей спальни. Но с этого момента я знал, что дело снова принимает серьезный оборот.

За январской катастрофой 1933 года еще раз последовали счастливые каникулы со старыми друзьями, и эти светлые дни остались в нашей памяти как прекрасное, но скорбное расставание с «золотым веком».

В горах над деревней Байришцелль на альпийском лугу Штайлер Альм, у южного склона Больших Трайт, я имел в своем распоряжении горную хижину. Когда-то она была отстроена моими друзьями по молодежному движению после того, как ее наполовину разрушила лавина. Отец одного из товарищей, торговец лесом, предоставил нам лес и инструменты; крестьянин, которому принадлежала хижина, подвез летом этот стройматериал на альпийский луг, и в течение нескольких прекрасных осенних недель трудами моих друзей возникла новая крыша, были отремонтированы ставни и внутри устроено место для сна. Зимой мы могли поэтому регулярно использовать этот альпийский луг как место для лыжных катаний, и на пасхальные

каникулы 1933 года я пригласил в свою хижину провести отпуск на лыжах Нильса с его сыном Христианом, Феликса Блоха и Карла Фридриха. Нильс, Христиан и Феликс собирались из Зальцбурга, где у Нильса были какие-то дела, приехать в Обераудорф и подняться к нам оттуда. Карл Фридрих и я пришли в хижину двумя днями ранее, чтобы подготовить ее для жилья и запастись провизией. За несколько недель до того ящики со съестными припасами были при хорошей погоде подвезены в Брюннштейнхаус, и теперь мы должны были перенести все в рюкзаках до хижины, находящейся почти в часе ходьбы оттуда.

На этой начальной стадии нашего мероприятия было несколько трудностей. В первую ночь, которую мы с Карлом Фридрихом провели в нашей хижине одни, была метель и непрестанно шел снег. Наутро нам лишь с трудом удалось откопать из-под снега вход в дом. И когда мы к полудню с немалыми усилиями проложили путь в Брюннштейнхаус по почти метровому свежему снегу, все еще не было видно конца снегопаду, и мы начали всерьез опасаться лавины. Из Брюннштейнхауса я позвонил по телефону, как было условлено, Нильсу в Зальцбург, описал ему положение на нашей горе и пообещал на следующий день встретить его вместе с Карлом Фридрихом на железнодорожной станции в Обераудорфе. Нильс возразил было сначала, что в этом нет никакой надобности — он, Христиан и Феликс просто возьмут в Обераудорфе такси и доедут до хижины. Мне пришлось объяснить ему, что его идея крайне нереалистична, так что мы остановились на встрече в Обераудорфе. На вторую ночь снег шел так же непрестанно, как и на первую, и к утру хижина была почти похоронена под снегом. От проложенной нами накануне лыжни не было видно и следа. Однако небо было ясно, местность хорошо просматривалась, так что имелась возможность избежать лавиноопасных мест. Итак, мы с Карлом Фридрихом, попеременно идя впереди, проложили новый путь до Брюннштейнхауса, а оттуда под гору без труда проторили лыжню до самого Обераудорфа. Прделанную таким образом тропу мы собирались использовать позднее для совместного с нашими гостями восхождения. При ясном небе и спокойной погоде она должна была продержаться, по крайней мере, до второй половины дня.

Но когда в полдень мы встречали условленный поезд на перроне в Обераудорфе, Нильса, Христиана и Феликса не было видно. Впрочем, из одного купе было выгружено много поклажи — лыжи, рюкзаки, одеяла, — похожей на оснащение наших гостей. От начальника станции мы узнали, что причастные к этой поклаже путешественники по причине своего желания выпить на одной станции по чашке кофе опоздали на поезд и теперь могли появиться лишь со следующим поездом в 4 часа пополудни. Я с беспокойством подумал о том, что большую часть восхождения нам придется теперь проделывать в темноте в очень трудных снежных условиях. Мы с Карлом Фридрихом использовали время ожидания для отсортировки ненужных частей багажа из копенгагенской поклажи, физические силы

приходилось экономить. Ровно в четыре часа приехали наши гости, и я объявил Нильсу, что нам еще предстоит приключения по пути в хижину, поскольку выпало так много снега, что о восхождении просто нельзя было бы и думать, не проложи мы с Карлом Фридрихом, идя сверху, лыжню по метровым свежим сугробам.

— Странно, — отвечал Нильс, немного поразмыслив. — Я всегда считал гору такой вещью, в которую начинаешь идти снизу.

Это замечание дало повод еще и для других наблюдений. Вспомнили о том, что в Америке можно испытать нечто вроде «альпинизма наоборот» при посещении Большого каньона. Там люди приезжают в спальных вагонах на высоту 2000 метров у края большой пустынной равнины, оттуда могут спуститься вниз к реке Колорадо, но должны потом снова подняться на те же 2000 метров наверх, чтобы вернуться в свой спальный вагон. Впрочем, это называется все-таки «каньоном», а не «горой». С такими беседами мы хорошо продвигались в течение первых двух часов. Но мне приходилось учитывать, что на восхождение, требующее летом лишь два-три часа, при таком снеге может понадобиться шесть или семь часов. Когда совершенно стемнело, мы дошли до более трудного участка нашего пути. Я шел впереди, за мной следовал Нильс, посреди двигался Карл Фридрих, освещавший дорогу фонарем, замыкали Христиан и Феликс. Лыжня большей частью оставалась еще глубокой и потому легко находимой. Лишь в очень открытых местах ветер успел запорошить ее. Мне было не по себе оттого, что глубокий снег оставался все еще совершенно рыхлым. Поскольку Нильс уже немного устал, нам пришлось замедлить подъем. Было уже около десяти часов вечера, и, по моим расчетам, оставалось еще около получаса или часа ходьбы до Брюнштейнхауса.

Мы проходили теперь вдоль крутого склона, и тут произошло что-то совершенно удивительное. У меня появилось ощущение, что я плыву. Я уже не мог как следует владеть своим телом, и вдруг меня так тесно сжало со всех сторон, что какой-то момент я не мог дышать. К счастью, я оставался головой еще над теснящими снежными массами и через несколько секунд сумел снова выбраться на свободу с помощью рук. Я огляделся. Было совершенно темно, и ни одного из друзей не было видно. Я крикнул «Нильс!» и не получил никакого ответа. Я до смерти испугался, решив, что все они погребены под лавиной. Лишь когда я с крайними усилиями откопал и высвободил свои лыжи, я заметил намного выше своего местонахождения свет, закричал на этот раз как можно громче и получил ответ от Карла Фридриха. Только тут я догадался, что, очевидно, лавина незаметно пронесла меня далеко вниз по склону горы. К счастью, все остальные оставались выше лавины, что я быстро сумел установить, перекликаясь с ними. После этого было нетрудно снова подняться к нашему фонарю, и мы продолжили свой путь с величайшей осторожностью. К одиннадцати часам мы пришли в Брюнштейнхаус и решили не рисковать с дальнейшим переходом. Мы заночевали там и лишь на следующее утро прошли по

ослепительно белым снежным массам под темно-голубым небом к нашей хижине.

Поскольку тело ломило от трудного восхождения и наш ночной испуг еще не прошел, на следующий день мы не предпринимали далеких вылазок. Очистив от снега крышу хижины, мы разлеглись там под солнцем и говорили о новейших событиях в нашей науке. Нильс захватил с собой фотоснимок, следы частицы в камере Вильсона из Калифорнии, сразу сосредоточивший на себе всеобщий интерес и вызвавший оживленную дискуссию. Речь шла о проблеме, поставленной несколько лет назад Полем Дираком в его работе о релятивистской теории электрона. В этой теории, которая успела между тем получить отличное экспериментальное подтверждение, на математических основаниях делался вывод, что помимо электронов с отрицательным электрическим зарядом должен существовать еще второй вид подобных электрону частиц, заряженных положительно. Сначала Дирак пытался отождествлять эту гипотетическую частицу с протоном, т. е. с ядром атома водорода. Это не устраивало нас, остальных физиков; ибо можно было почти бесспорно доказать, что масса этой положительно заряженной частицы должна быть равна массе электрона, тогда как протоны почти в две тысячи раз тяжелее. Далее, гипотетические частицы Дирака вели себя совершенно иначе, чем обычная материя. Сталкиваясь с обычным электроном, они превращались вместе с ним в излучение. Сегодня мы говорим соответственно об «антиматерии».

И вот теперь Нильс показал нам полученный из Калифорнии фотоснимок, говоривший, похоже, о существовании такой «античастицы». На снимке был виден образованный капельками воды след, явно вызванный движущейся сверху частицей. Частица проходила затем через свинцовую пластинку и снова оставляла след по другую сторону пластинки. Камера находилась в сильном магнитном поле, поэтому следы были искривлены отклоняющей заряженную частицу магнитной силой. Плотность частиц воды в следе в точности соответствовала плотности, ожидаемой для электронов. Однако искривление траектории заставляло считать, что частица, если она действительно двигалась сверху, имела положительный заряд. А такое направление движения частицы опять же почти бесспорно явствовало из того факта, что кривизна траектории над пластинкой была меньше, чем под ней, т. е. что частица потеряла в свинцовой пластинке часть скорости. Мы долго обсуждали вопрос об убедительности всей этой цепочки умозаключений. Всем нам было ясно, что перед нами данные большого потенциального значения. Наша беседа какое-то время вращалась вокруг возможных источников экспериментальной ошибки, после чего я спросил Нильса:

— Не странно ли, что во всей нашей дискуссии мы ни разу не заговорили о квантовой теории? Мы ведем себя так, словно электрически заряженная частица — ровно настолько же вещь, как электрически заряженная капелька масла или круглая косточка бузины, применявшиеся в старых измерительных приборах. Мы без всякой

оглядки применяем понятия классической физики так, словно вообще не слыхали об ограниченности ее понятий и о принципе неопределенности. Не может ли это привести к ошибкам?

— Нет, решительно нет, — отвечал Нильс. — Существо эксперимента как раз в том и заключается, что мы можем описывать наблюдаемое в понятиях классической физики. Здесь, собственно, и кроется парадоксальность квантовой теории. С одной стороны, мы формулируем законы, отличающиеся от законов классической физики, а с другой — не задумываясь пользуемся классическими понятиями при наблюдениях, проводя измерения или фотографируя. Мы поневоле поступаем так, потому что должны пользоваться языком, сообщая свои результаты другим людям. Измерительный прибор ведь тогда только является измерительным прибором, когда с его помощью на основании данных наблюдения делается однозначный вывод о наблюдаемом феномене, когда здесь можно исходить из наличия строгой каузальной зависимости. Но при теоретическом описании атомного явления мы должны в какой-то момент провести границу между явлением и наблюдателем и его прибором. Можно по-разному выбирать местоположение этой границы, но по ту ее сторону, где находится наблюдатель, мы вынуждены применять язык классической физики, потому что не располагаем никаким другим языком, на котором могли бы изложить свои результаты. Мы, конечно, знаем, что понятия этого языка неточны, что область их применения ограничена, но у нас нет выбора и, в конце концов, мы связаны своим языком и только с его помощью можем по крайней мере косвенно, понять явление.

— Нельзя ли считать, — вставил Феликс, — что, еще лучше поняв квантовую теорию, мы сможем отказаться от классических понятий и еще успешнее говорить об атомных явлениях на новом языке?

— Это совсем другая проблема, — отвечал Нильс. — Естествознание состоит в том, что люди наблюдают явления и сообщают свои результаты другим, чтобы те могли их проверить. Лишь достигнув единого мнения о том, что объективно произошло или регулярно происходит, мы получаем основу для понимания. И весь этот процесс наблюдения и сообщения фактически осуществляется посредством понятий классической физики. Камера Вильсона — измерительный прибор, а значит, мы вправе из этой вот фотографии однозначно заключить, что через камеру пролетела положительно заряженная частица, имеющая при всем том свойства электрона. Причем, мы должны быть уверены, что измерительный прибор правильно сконструирован, что он был прочно привинчен к столу, что фотографическая камера была так надежно смонтирована с ним, что во время съемки не могло произойти смещений, что линза была наведена правильно и т. д.; иначе говоря, мы должны быть уверены, что выполнены все условия, которым в классической физике должно удовлетворять надежное измерение. В число главных предпосылок нашей науки входит то, что мы говорим о своих измерениях на языке, имеющем в сущности такую же структуру, как и язык, на котором мы говорим

о своем повседневном жизненном опыте. Мы установили, что язык этот — очень несовершенный инструмент анализа и информации. Но этот инструмент все же остается предпосылкой нашей науки.

Пока мы, загорая на крыше хижины, предавались своим естественнонаучным и философским размышлениям, Христиан предпринял разведку ближайшего окружения нашего альпийского луга. Он принес половину сломанной снегом ветряной вертушки, которую, наверное, сделали мои друзья в одно из своих прежних посещений — то ли для измерения силы и направления ветра, то ли просто для забавы. Естественно, мы решили сделать новую и более совершенную вертушку. Нильс, Феликс и я попытались каждый выстругать такую фигуру из куска полена. Пока мы с Феликсом старались изготовить аэродинамически идеальную форму вроде пропеллера, Нильс ограничился тем, что вырезал из своего четырехугольного полена два крыла вертушки в виде плоскостей, смещенных относительно друг друга на прямой угол. В конечном счете оказалось, однако, что механическое исполнение наших идеально задуманных пропеллеров было настолько несовершенным, что они едва вращались на ветру, тогда как Нильс так хорошо сбалансировал и так чисто сработал свою вертушку во всех деталях, например в отверстии для оси, на которой должно вращаться колесо, что та сразу была признана лучшей, водружена и в действительности безупречно и быстро вращалась на ветру. Про наши модели Нильс сказал только: «О, эти господа так амбициозны...» Но и он был явно амбициозен в том, что касалось чистоты ремесленной отделки, и это хорошо вязалось с его отношением к классической физике.

Вечером играли в покер. В хижине, правда, имелся плохой граммофон и несколько еще худших пластинок со шлягерами, но спрос на музыку этого рода был невелик. Стиль нашей игры в покер несколько отличался от обычного. Каждый вслух описывал и расхваливал комбинацию карт, который обосновывал свою ставку, и старался превзойти других в искусстве убеждения, внушая веру в наличие такой комбинации. Для Нильса это опять стало поводом пофилософствовать о значении языка.

— Совершенно ясно, — заметил он, — что мы применяем здесь язык совсем иначе, чем в науке. Во всяком случае, наша задача не изобразить действительность, а завуалировать ее. Блеф входит в условия игры. Но как завуалировать действительность? Язык порождает в слушателе образы, представления, которые начинают руководить его поведением и становятся сильнее, чем те догадки, к которым его привело бы трезвое размышление. Однако, от чего зависит успех наших стараний внедрить эти образы в сознание слушателя с достаточной прочностью? Мы действуем, разумеется, не просто громкостью голоса. Это было бы слишком примитивно. И не того рода сноровкой, какую приобретает, например, хороший шулер. Никто из нас не обладает такой сноровкой, и трудно представить, чтобы мы до подобных вещей докатились. Возможно, наша способность убеждать зависит просто от того, с какой интенсивностью

мы сами способны представить себе ту комбинацию карт, образ которой хотим внушить другим.

Эта идея получила неожиданное подтверждение в продолжении игры. В одной из партий Нильс утверждал с большой силой убеждения, что у него на руках пять карт одной масти. Ставки сильно возросли, и противоположная сторона в конце концов сдалась, после чего Нильс выложил четыре карты и выиграл большую сумму условных денег. Когда Нильс после конца партии с гордостью собирался показать нам и свою пятую карту той же масти, он обнаружил к своему немалому испугу, что пяти карт одинаковой масти у него не было. Он перепутал червовую десятку с бубновой. Его игра была, таким образом, чистым блефом. После этого успеха я невольно вспомнил о нашей беседе во время похода по острову Зеландия и о силе образов, веками определяющей человеческое сознание.

Вечерами на снежных полях вокруг нашей хижины быстро холодало. Даже крепкий грог, оживлявший нашу игру в покер, недолго противился холоду в плохо протопленном помещении. Поэтому мы вскоре забрались в свои спальные мешки и устроились на ночлег на соломенных матрацах. В тишине мои мысли снова возвратились к показанной нам Нильсом на крыше хижины фотографии следа частицы в камере Вильсона. Действительно ли предсказанные Дираком положительные электроны существуют, и если да, то что из этого следует? Чем больше я об этом думал, тем сильнее меня охватывало волнение, возникающее, когда приходится пересматривать свои идеи в принципиально важных пунктах. В предыдущий год я работал над структурой атомного ядра. Открытие Чедвиком нейтронов¹⁶ наводило на мысль, что атомные ядра состоят из протонов и нейтронов, связанных между собой мощными, ранее не известными силами. Это выглядело очень правдоподобным. Намного более проблематичным было мое предположение, что в атомном ядре сверх протонов и нейтронов уже не может быть никаких электронов. Некоторые мои друзья критиковали меня за него самым резким образом. «Ведь можно наблюдать, говорили они, — что при радиоактивном β -распаде электроны покидают атомное ядро». Однако я представлял себе нейтрон состоящим из протона и электрона, причем это образование, а именно нейтрон, по неясным пока причинам должно было иметь размеры протона. Новооткрытые мощные силы, сдерживающие от распада атомное ядро, экспериментально не обнаруживали признаков изменения при замене протона на нейтрон. Эту симметрию можно было отчасти объяснить, предположив, что источник силы — обмен электроном между двумя этими тяжелыми частицами. Но такая картина имела два неоправданных момента, лишавших всю гипотезу красоты. Во-первых, было трудно понять, почему те же мощные силы не могут действовать между протоном и протоном или между нейтроном и нейтроном. Непонятным было и то, почему силы у обеих этих частиц эмпирически оказывались одинаковыми — вплоть до сравнительно небольших величин электрического заряда. Кроме того, нейтрон в экспериментах обнаруживал столь сходств с протоном, что пред-

ставлялось неразумным считать один из них простым, а другой сложным.

Но если предсказанный Дираком положительный электрон¹⁷, или, как теперь говорят, позитрон, действительно существует, то возникает новая ситуация. Теперь можно считать протон состоящим из нейтрона и позитрона; тем самым сразу получала полное объяснение симметрия между протоном и нейтроном. И имеет ли в таком случае вообще смысл говорить, что в ядре атома имеется электрон или позитрон? Не могут ли они возникать из энергии подобно тому, как, по теории Дирака, электрон и позитрон превращаются в энергию излучения? А если энергия может превращаться в пары электрон—позитрон и наоборот, то не теряет ли смысл вопрос, из скольких частиц состоит такое образование, как атомное ядро?

Вплоть до того времени мы продолжали верить в древнюю теорию Демокрита, которую можно переформулировать в виде тезиса: «В начале была частица». Предполагалось, что видимое вещество состоит из более дробных единиц, и если продолжать деление безостановочно, то можно прийти к мельчайшим единицам, которые Демокрит называл «атомами» и которые теперь назвали бы «элементарными частицами», например «протонами» или «электронами». Но, может быть, вся эта философия неверна. Может быть, вообще не существует таких мельчайших строительных кирпичиков, которые уже не поддавались бы делению. Может быть, материю можно делить безостановочно, только в конечном итоге деление перестает быть делением и становится превращением энергии в материю, а частицы оказываются уже не более мелкими, чем делимое. Тогда что же было в начале? Закон природы, математика, симметрия? «В начале была симметрия...» Это звучало похоже на платоновскую философию в «Тимее»¹⁸. И мне снова вспомнилось, как я читал этот диалог на крыше семинарии в Мюнхене летом 1919 года. Если частица на снимке в камере Вильсона действительно была позитроном Дирака, то распахивались двери в необъятно просторные новые земли, и можно было уже смутно различить путь, ведущий туда. В конце концов я заснул среди этих размышлений.

На следующее утро небо было таким же синим, как накануне. Мы сразу же после завтрака пристегнули лыжи и направились через альпийский луг Химмельмоос к небольшому озеру у луга Зеон, оттуда через перевал в уединенную котловину за Большими Трайтами и через нее назад к вершине горы, на которой стояла наша хижина. На гребне, ведущем от вершины на восток, мы случайно стали свидетелями удивительного метеорологического и оптического феномена. Легкий ветерок, дувший с севера, гнал тонкое облачко снежной пыли вверх по склону, и оно, достигнув гребня, на котором мы стояли, попадало под яркие лучи солнца; на облачке можно было явственно различить наши тени, причем тень от головы была у каждого окружена светлым сиянием, как бы светящимся кольцом. Нильс, особенно радовавшийся этому необычному феномену, сообщил, что он и раньше уже слышал о таком световом эффекте и

что существует мнение, будто увиденное нами сияние явилось прообразом для старых мастеров, окружавших головы святых светлым венцом. «И, пожалуй, характерно то, — добавил он, слегка подмигнув, — что такое сияние всегда видишь только вокруг тени собственной головы». Это замечание очень повеселило всех и дало повод для разнообразных самокритичных размышлений. Но тут нам захотелось скорее в нашу хижину, и мы устроили соревнование по спуску с горы. Поскольку мы с Феликсом имели особенно честолюбивые намерения, меня при резком обходе одного крутого склона снова угораздило сдвинуть с места довольно большую лавину. К счастью, нам всем удалось остаться выше нее, и мы благополучно вернулись в хижину, хотя некоторые с большим отставанием. Теперь моей задачей было сварить обед, и Нильс, немного утомившийся, уселся со мной на кухне, тогда как другие — Феликс, Карл Фридрих и Христиан — загорали на крыше. Я воспользовался случаем продолжить разговор, начатый нами на гребне горы.

— Это объяснение венца вокруг головы святых, — сказал я, — нечто очень красиво, и я охотно готов признать его по крайней мере за частичную истину. Но все же оно меня устраивает лишь на половину, и некогда в переписке с одним слишком ретивым позитивистом Венской школы я утверждал нечто иное. Меня раздражало то, что позитивисты за каждым словом хотят видеть совершенно конкретное значение, словно применение слова в каком-то ином смысле непозволительно. Я написал ему тогда в порядке примера, что любому будет понятно, если кто-то скажет об уважаемом человеке, что комната светлеет, когда в нее входит этот человек. Конечно, я понимаю, что фотометр при этом не регистрирует никакой разницы в освещенности. Но я противился тому, чтобы считать физическое значение слова «светлый» единственным собственным значением, а все остальные объявлять переносными. Я был бы склонен поэтому думать, что это ощущение нефизического света как-то способствовало изобретению венца вокруг головы святых.

— Естественно, я тоже признаю это объяснение, — отвечал Нильс, — и мы тут намного более единодушны, чем ты думаешь. Разумеется, у языка есть эти черты своеобразного парения. Мы не знаем в точности, что означает слово, и смысл говоримого нами зависит от связи слов в предложении, от контекста, в котором произносится фраза, и от сопутствующих обстоятельств, которые невозможно даже перечислить полностью. Если ты считаешь американского философа Уильяма Джемса, ты убедишься, что он с удивительной точностью описал всю эту ситуацию. Он говорит, что при каждом слове, которое мы слышим, главный смысл слова предстает в ярком свете сознания, но помимо него в полумраке проступают другие скользкие значения слова, завязываются связи с другими понятиями, и воздействие слова распространяется вплоть до бессознательного. Так обстоит дело в обычном языке, тем более — в языке поэта. И до известной степени то же относится к языку естествознания. Именно в атомной физике природа снова учит нас,

сколь ограниченной может оказаться область применения понятий, которые прежде казались нам совершенно определенными и бесспорными. Достаточно просто вспомнить о таких понятиях, как «место» и «скорость».

Но, разумеется, Аристотель и древние греки сделали великое открытие, найдя возможность такого понятийного осмысления и уточнения языка, которое позволяет строить цепи логических умозаключений. Такой точный язык намного уже, чем обычный язык, но он обладает безмерной ценностью для естествознания.

Представители позитивизма, конечно, правы, когда они подчеркивают ценность такого языка и предостерегают нас от опасности размывания языка строгих формулировок. Но они мало учитывают при этом, что мы в естествознании можем в лучшем случае только приблизиться к этому идеалу, никогда не достигь его. Ведь уже язык, на котором мы описываем свои эксперименты, включает понятия, чью область применения мы не смогли бы указать в точности. Можно, разумеется, сказать, что математические схемы, при помощи которых мы как теоретические физики описываем природу, обладают или должны обладать высшей степенью логической чистоты и строгости. Однако вся проблематика снова всплывает, как только мы начинаем сравнивать математические схемы с природой. Ведь должны же мы где-то перейти от математического языка к обычному, если хотим сделать какие-то высказывания о природе. А делать такие высказывания, как-никак, входит в задачи естествознания.

— Позитивистская критика, — продолжил я беседу, — направлена прежде всего против так называемой школьной философии, а внутри нее — в первую очередь против метафизики в ее переплетении с вопросами религии. Здесь, как считают позитивисты, речь нередко идет о мнимых проблемах, которые окажутся несуществующими, если подвергнуть их тщательному лингвистическому анализу. В какой мере ты считаешь эту критику оправданной?

— Подобная критика явно содержит большую долю истины, — отвечал Нильс, — и она многому учит нас. Мое недовольство позитивизмом идет не от того, что я в данном аспекте настроен менее скептически, а от того, что я, наоборот, боюсь, как бы положение в естествознании не оказалось в принципе ничуть не лучшим. Можно сказать в подчеркнуто заостренной формулировке: религия с самого начала отказывается от попытки придать словам однозначный смысл, тогда как естествознание исходит из надежды — или из иллюзии, — что в далеком будущем как-нибудь удастся придать словам однозначный смысл. Но, повторяю, от позитивистской критики можно многому научиться. К примеру, у меня в голове не укладывается, что должны означать разговоры о «смысле жизни». Ведь слово «смысл» должно всегда, по-видимому, устанавливать связь между тем, о смысле чего идет речь, и чем-то другим, каким-то намерением, идеей, планом. А жизнь — тут имеется в виду все в целом, включая мир, в котором мы живем, так что не остается ничего другого, с чем можно было бы поставить ее в связь.

— И все же, — возразил я, — мы знаем, что имеем в виду, говоря о смысле жизни. Смысл жизни зависит от нас самих. Мы обозначаем этим словом, мне кажется, облик нашей собственной жизни, с каким мы входим в великий вселенский порядок; может быть, просто какой-то образ, план, надежду, но, во всяком случае, нечто такое, что можно хорошо понять.

Нильс задумчиво умолк и потом сказал: «Нет, смысл жизни заключается в том, что не имеет смысла говорить, что жизнь не имеет смысла. Вот насколько лишено опоры все это стремление к познанию смысла жизни».

— Но не слишком ли ты тут строг с языком? Ты ведь знаешь, что у древних китайских мудрецов понятие «тао» стояло во главе философии, а «тао» часто переводится как «смысл». Так что китайские мудрецы не имели бы ничего против соединения слов «тао» и «жизнь»¹⁹.

— Если применять слово «смысл» так обобщенно, то на него можно опять же посмотреть и иначе. И никто из нас не может в точности сказать, что, собственно, означает слово «тао». Но если уж говорить о китайской философии и о жизни, то для меня здесь еще больше значит одна старая легенда. В ней рассказывается о трех философах, пробовавших уксус; а надо знать, что уксус в Китае называют «водой жизни». Первый философ сказал: «Он кислый», второй: «Он горький», а третий, и это был как раз Лао-цзы, воскликнул: «Он свежий».

Карл Фридрих вошел на кухню осведомиться, готова ли еда. К счастью, я мог уже сказать, чтобы он звал остальных и чтобы они расставляли наши алюминиевые тарелки и столовые приборы, как раз к тому времени все поспеет. Мы уселись за стол, и к моему успокоению старая поговорка «голод лучший повар» оправдалась как нельзя лучше. После обеда при распределении обязанностей получилось так, что Нильс пожелал мыть посуду, тогда как я чистил плиту, а другие кололи дрова или наводили повсюду порядок. Гигиенические нормы на нашей высокогорной кухне, нечего и говорить, очень отличались от городских. Комментируя это обстоятельство, Нильс сказал: «С нашим мытьем посуды дело обстоит в точности так же, как с языком. У нас грязная вода и грязные кухонные полотенца, и все же нам удается в конце концов довести тарелки до чистоты. Так же и в языке у нас непроясненные понятия и логика, границ области применения которой мы не знаем, и тем не менее нам удается достичь с его помощью ясности в понимании природы».

В последующие дни стояла переменная погода, и мы предпринимали разные большие и малые походы, поднимались на Трайтский перевал и упражнялись на учебном спуске у альпийского луга Унтербергер. Еще раз наши беседы обратились к проблеме языка, когда мы с Карлом Фридрихом как-то в послеполуденное время попытались подстеречь со своими фотокамерами стадо серн, занятых поисками корма на крутом склоне Трайт. Нам не удалось перехитрить серн и подойти достаточно близко к их стаду. Мы восхищались

инстинктом зверей, который позволял им истолковывать малейшие признаки присутствия человека, след на снегу, надломленную ветку или донесенный дуновением ветра запах как знаки опасности и избирать верное направление бегства. Это дало Нильсу повод для размышлений о разнице между интеллектом и инстинктом.

— Возможно, сернам столь успешно удается уйти от вас только потому, что они не думают и не могут говорить об этом, в отличие от человека. Весь их организм специализирован с таким расчетом, чтобы находить укрытие от нападений в гористой местности. Всякий вид животных вследствие естественного отбора, как правило, развивается почти до совершенства вполне определенные телесные способности. Зато и все существование вида целиком зависит от этого их особого способа вести борьбу за жизнь. Если внешние условия сильно изменятся, они уже не смогут перестроиться и вымрут. Есть рыбы, способные обороняться от врагов с помощью электрических разрядов. Есть такие, чья расцветка настолько сливается с морским песком, что если они лягут на дно моря, их вообще нельзя отличить от песка, и так они спасаются от хищников. Только у человека специализация приняла другое направление. Его нервную систему, делавшую его способным к мысли и речи, можно считать особым органом, при помощи которого человек способен к гораздо большему диапазону действий в пространстве и времени, чем животное. Он может вспоминать о том, что было, и может предвидеть вероятное будущее. Он может представлять себе, что происходит на далеком расстоянии от него, и может пользоваться опытом других людей. Поэтому он в определенном смысле обладает намного большей гибкостью и приспособляемостью, чем животное, и имеет смысл говорить, что специализируется в сторону развития гибкости. Но, естественно, из-за преимущественного развития у него мысли и речи или, говоря вообще, из-за перевеса интеллекта способность к целенаправленному инстинктивному поведению в каждом человеческом индивидуе чахнет. Тут человек во многих аспектах уступает зверю. У него нет такого нюха, он не может с такой уверенностью скакать вверх и вниз по горам, как серны. Но он умеет компенсировать эти недостатки вторжением в более широкие пространственные и временные области. И развитие языка здесь, пожалуй, решающий шаг. Ибо язык, а тем самым косвенно также и мышление, есть такая способность, которая — в противоположность всем другим физическим способностям — развивается не в отдельном индивидуе, а межиндивидуально. Мы выучиваем язык только от других людей. Язык есть в каком-то смысле сеть, растянутая между людьми, и мы со своим мышлением, со своей способностью познания висим в этой сети.

— Если послушать, что говорят о языке позитивисты или логики,— добавил я,— то создается впечатление, что формы и выразительные возможности языка рассматриваются и анализируются ими совершенно независимо от естественного отбора, от предшествующей биологической истории. Но если сравнить интеллект с инстинктом так, как ты это только что сделал, то можно себе представить,

что в различных областях Земли возникали совершенно разные формы интеллекта и языка. Ведь и грамматики разных языков очень отличаются друг от друга, а не исключено, что различия в грамматике могут вести и к различиям в логике.

— Разумеется, возможны различные формы речи и мысли, — отвечал Нильс, — точно так же, как существуют разные расы или разные виды организмов. Но подобно тому, как все эти организмы построены в соответствии с одними и теми же природными законами, большей частью даже из одних и тех же химических соединений, в основе разных возможных логик лежат, по-видимому, определенные фундаментальные формы, созданные не человеком и принадлежащие совершенно не зависящей от нас действительности. Эти формы играют решающую роль в процессе отбора, ведущем к развитию речи, но создаются они не этим процессом.

— Вернемся к различию между сернами и нами, — вступил в дискуссию Карл Фридрих. — Тебя можно было понять в том смысле, что интеллект и инстинкт взаимно исключают друг друга. В том ли только твоя мысль, что в процессе отбора достигает высокого совершенства либо та, либо другая способность, но нельзя ожидать одновременного развития обеих? Или ты видишь тут подлинное отношение дополнительности, так что одна возможность полностью исключает другую?

— Я считаю, что эти два способа ориентироваться в мире радикально различны. Однако многие наши поступки, естественно, определяются еще инстинктом. Я считал бы, например, что при оценке другого человека, когда мы хотим, скажем, по его облику и чертам лица угадать, интеллигентен ли он, можем ли мы с ним понять друг друга, играет роль не только опыт, но также и инстинкт.

В продолжение этой беседы некоторые из нас были заняты уже уборкой хижины, и поскольку приходилось готовиться к концу каникул, наступавшему через несколько дней, Нильс вознамерился побриться. До того он выглядел почти как старый норвежский лесоруб, много недель проведенный в лесу вдаль от всякой цивилизации; теперь перед зеркалом Нильс удивлялся, как по ходу бритья он снова превращается в профессора физики. Его раздумья об этом вдруг вылились во фразу: «А может, кошка тоже будет выглядеть интеллигентной, если ей побрить лицо?»

Вечером снова играли в покер, и коль скоро в нашей игре язык, а именно восхваление своей комбинации карт, играл столь большую роль, Нильс предложил для опыта сыграть один раз вообще без карт. В таком случае, предположил он, выиграют Феликс и Христиан, потому что против их искусства убеждения он явно беспомощен. Попытка была предпринята, но настоящей игры не получилось, и Нильс прокомментировал:

— Мое предложение исходило, пожалуй, от переоценки языка; все-таки язык обязательно требует связи с действительностью. При настоящем покере на столе лежит по крайней мере несколько карт. Язык применяется для того, чтобы восполнить эту реальную часть

картины максимумом оптимизма и силы убеждения. Но когда вообще нет никакой опоры на действительность, ничьим внушениям уже не веришь.

Когда каникулы подошли к концу, мы со своей поклажей скатились на лыжах по более короткому западному склону в долину между Байришцеллем и Ландлем. Стоял теплый солнечный день, и внизу, где снег растаял, между деревьями расцветал репейник, а луга были усеяны желтым первоцветом. Со своей тяжелой поклажей мы наняли у хуторянина старую открытую повозку с двумя лошадьми. И снова мы забыли о том, что должны возвратиться в мир, полный политических бедствий. Небо было так же ясно, как лица обоих молодых людей, Карла Фридриха и Христиана, сидевших вместе с нами в повозке, и мы спускались вниз, в баварскую весну.

ХII. РЕВОЛЮЦИЯ И УНИВЕРСИТЕТСКАЯ ЖИЗНЬ (1933)

Когда в начале летнего семестра 1933 года я вернулся в свой Лейпцигский институт, разрушение шло уже полным ходом. Многие из лучших участников моего семинара покинули Германию, другие готовились к бегству. Мой отличный ассистент, Феликс Блох, тоже решил эмигрировать, и мне было естественно задаться вопросом, имеет ли мое дальнейшее пребывание в Германии разумный смысл. От этого времени мучительных размышлений о правильном курсе действий в моей памяти особенно запечатлелись две беседы, сыгравшие роль в принятом мною решении: одна была с молодым студентом национал-социалистом, слушавшим мои лекции, другая — с Максом Планком.

Я жил тогда в маленькой мансарде с косыми стенами на верхнем этаже моего института. При въезде в эту квартиру главной деталью обстановки у меня стал купленный у лейпцигской фирмы «Блютнер» рояль, на котором я играл вечерами один или, при занятиях камерной музыкой, вместе с друзьями. Поскольку я одновременно брал уроки в высшей музыкальной школе у пианиста Ганса Бельца, мне приходилось часто использовать для упражнений также и обеденный перерыв, причем как раз в те недели я взялся за концерт Шумана в ля-миноре.

Однажды, закончив свои послеобеденные упражнения, я вышел из квартиры, чтобы спуститься в институт, и увидел перед собой сидящего на подоконнике лестничной площадки молодого студента, которого замечал иногда на своих лекциях в коричневой униформе. Он в некотором смущении встал, чтобы приветствовать меня, и я спросил его, не пришел ли он для разговора со мной.

Нет, отвечал он, слегка запинаясь, он просто слушал музыку. Но раз уж я задал ему такой вопрос, он, пожалуй, был бы благодарен за возможность поговорить со мной. Я пригласил его в свою гостиную, и здесь он излил мне свою душу.

— Я хожу на Ваши лекции и знаю, что могу на них чему-то научиться. Но в остальном меня ничто с Вами не связывает. Я уже раньше временами слушал, как Вы занимаетесь музыкой. У меня так мало возможностей слушать музыку. Я знаю также, что Вы участвовали в молодежном движении, к которому и я ведь тоже принадлежал. Однако сейчас Вы никогда не приходите на наши молодежные собрания, будь то встречи учащихся национал-социалистов, или гитлер-югенда, или какого-либо еще более широкого круга.

Я сам руководитель группы гитлер-югенда, и очень хотел бы как-нибудь встретиться с Вами в нашей группе. Но Вы ведете себя так, словно полностью принадлежите к тесной компании тех старых консервативных профессоров, которые не в силах расстаться со вчерашним миром и для которых возникающая сейчас новая Германия совершенно чужда, чтобы не сказать — ненавистна. Я совершенно не могу себе представить, чтобы такой молодой и так увлеченно музицирующий человек, как Вы, замкнуто и непонимающе противостоял нашей молодежи, которая сегодня заново строит Германию или хочет построить ее. Нам ведь нужны люди, имеющие больше опыта, чем мы, и готовые помочь нам в этом строительстве. Вас, возможно, шокирует то, что сегодня происходят и безобразные вещи, что невинных людей преследуют или изгоняют из Германии. Но поверьте мне, подобная несправедливость для меня столь же отвратительна, как и для Вас, и я уверен, что ни один из моих друзей никогда не станет участвовать в подобных вещах. По-видимому, при большой революции всегда неизбежен перегиб от возбуждения на первых порах и примазывание низкопробных людей после первых успехов. Но надо надеяться, что после краткого переходного периода они будут поставлены на место. Как раз для этого нам теперь необходимо содействие всех тех, кто хочет строить надлежащим образом и, например, может принести в наше движение те идеи, которые жили уже в послевоенном молодежном движении. Так скажите же мне, почему Вы не хотите иметь с нами никаких дел?

— Если бы речь шла только о молодых студентах, то я, пожалуй, решил бы выступлениями и сотрудничеством способствовать победе взглядов тех, кого я считаю хорошими людьми. Но сейчас в движение пришли большие массы, и взгляды горстки студентов и профессоров тут мало что значат. Кроме того, вожди переворота, шельмуя так называемых интеллектуалов, уже позаботились о том, чтобы народ не принимал всерьез призывов к разуму, какие могут исходить от людей, сколько-нибудь незаурядных по своей духовной позиции. Так что я мог бы со своей стороны задать Вам вопрос: откуда Вы, собственно, знаете, что строите новую Германию? Что у Вас лично самые лучшие намерения, в этом я не могу Вам сразу отказать. Но пока мы определенно знаем только то, что старая Германия разрушается, что творится очень много беззакония, а все остальное пока чистые мечтания. Если бы Вы пытались что-то изменять и улучшать только там, где укоренились недостатки, то я мог бы это охотно одобрить. Но ведь в действительности происходит нечто совсем иное. Вы должны понять, что я не помощник, когда разрушают Германию, вот и все.

— Нет, здесь Вы явно несправедливы к нам. Не собираетесь же Вы утверждать, будто малыми улучшениями можно еще чего-то достичь. Со времени прошлой войны все становится год от года хуже. Что мы проиграли войну, что другие оказались сильнее, все это так, и значит мы должны отсюда чему-то научиться. Но что же сделано с тех пор? Понаоткрывали ночных заведений и кабаре и высме-

яли всех тех, кто трудился, прилагал усилия, приносил жертвы. К чему-де всякие благоглупости? Веселитесь, война проиграна, зато есть алкоголь и красивые женщины. А в экономике коррупция превысила все мыслимые размеры. Когда у правительства кончились деньги, потому что надо было платить репарации или потому что люди слишком обнищали, чтобы платить новые налоги, оно просто напечатало деньги. А что? Почему не напечатать? Что многие старые и слабые люди из-за этого обмана лишились последнего имущества и были вынуждены голодать, это никого не беспокоило. Правительство получило необходимые средства, богатые стали богаче, бедные беднее. И Вы обязаны признать, что в самые худшие скандалы, связанные с коррупцией последнего времени, были всегда вовлечены евреи.

— И поэтому Вы приписываете себе право смотреть на евреев как на особую человеческую породу, гнусно обращаться с ними и изгонять из Германии многих выдающихся людей? Почему Вы не предоставите судам наказывать тех, кто преступил закон, причем независимо от вероисповедания или расы?

— Потому что суды как раз ничего этого и не делают. Правосудие давно уже стало политической юстицией, которая хочет только увечевения прогнивших порядков, защищает только интересы правящего класса, не заботясь о благе своего народа. Посмотрите, какими мягкими были приговоры даже за самую скандальную коррупцию. Дух распада дает о себе знать и во многом другом. На выставках современного искусства абсурднейшие подделки, полнейшее душевное извращение прославляется как высокое искусство; и когда простому человеку это не нравится, ему говорят: «Ты тут ничего не понимаешь, ты просто слишком глуп». А думало ли государство о бедных людях? Вот говорят, что существуют хорошие социальные учреждения, проявляется забота о том, чтобы никто не умер с голоду. Но разве достаточно дать бедному ровно столько денег, чтобы он не умер с голоду, и потом больше о нем не думать? Вы должны признать, что мы все это делаем действительно лучше. Мы собираемся вместе с рабочими на собраниях, мы тренируемся с ними в одних и тех же штурмовых отрядах, мы собираем продукты и теплую одежду для бедных, бок о бок с рабочими маршируем на митинги и чувствуем, что они счастливы, когда мы проявляем участие в их жизни. Это реально улучшенье. Все 14 лет до этого каждый заботился только о своем кармане. Все сводилось к тому, чтобы одеться моднее соседа, иметь более элегантную, чем у него мебель в квартире, короче, чтобы казаться лучше других. И депутаты в рейхстаге не имели ничего другого на уме, кроме как выколотить всеми способами как можно больше материальных преимуществ для собственной партии. Каждый упрекал другого в корыстолюбии, чтобы самому было легче обогащаться. О всеобщем благе уже никто не думал. А когда не могли прийти к соглашению, то дрались или кидались чернильницами. С этим теперь покончено, и никакой беды в этом нет.

— А не думали Вы о том, что немецкий народ, возможно, впервые после 1919 г. должен был учиться самоуправлению; что не так

легко было сразу во всем разобраться; что если власти своим авторитетом уже не займутся об уравнительной справедливости, то надо самому добровольно уважать права других?

— Может быть, но у партий за 14 лет было достаточно времени всему научиться, однако на деле с каждым годом положение ухудшалось, а не улучшалось. Раз мы, немцы, только воюем между собой и обманываем друг друга, то нечего удивляться тому, что престиж Германии за рубежом все больше падает, и граница нас тоже обманывает. В Лиге Наций говорят речи о праве народов на самоопределение, но южных тирольцев не спрашивали, к кому они хотят присоединиться, — Южный Тироль принадлежит Италии. Болтают о безопасности и разоружении, но имеется в виду всегда разоружение Германии и безопасность других. Вы не можете упрекать нас, молодых, за то, что мы просто не хотим участвовать в этой тотальной лжи у нас в стране и за рубежом. В конце концов, Вы сами не можете ее желать.

— И Вы верите, что ваш фюрер Адольф Гитлер честнее?

— Я могу понять, что Гитлер Вам несимпатичен, потому что кажется Вам слишком примитивным. Но раз он говорит с простыми людьми, он должен пользоваться их языком. Я не могу Вам доказать, что он честнее; но Вы скоро увидите, что он достигнет большего успеха, чем наши прежние политики. Вы убедитесь, что противники Германии по последней войне будут делать Гитлеру намного больше уступок, чем его предшественникам, причем просто потому, что им отныне также придется приносить жертвы, если они захотят сохранить существовавшую ранее несправедливость. В предыдущие годы им это удавалось намного легче, потому что немецкому правительству приходилось уступать всякому давлению извне.

— Будь Вы даже здесь правы, я не знаю, почему вынужденную уступку других я должен называть подлинным успехом Вашего движения или Гитлера. Ведь всякое такое вырванное силой изменение будет снова прибавлять Германии врагов, а куда ведет принцип «больше врагов, больше чести», это нам следовало бы усвоить из последней войны.

— Значит, Вы находите, что Германия должна и впредь спокойно оставаться всеми презираемой и осмеиваемой нацией, которая должна терпеливо все сносить, которая одна виновна в последней войне, потому что эту вину ей приписали, а по существу лишь потому, что она эту самую последнюю войну проиграла, — Вы находите такое положение терпимым?

— Мы плохо друг друга понимаем, — пытался я его унять, — и я должен точнее изложить Вам свою мысль. Я нахожу, во-первых, что такие страны, как Дания, Швеция или Швейцария, тоже живут совсем неплохо, хотя они не выиграли за последние сто лет ни одной войны и в военном отношении относительно слабы. Им удается также сохранить в этом состоянии полузависимости от великих держав и свое своеобразие. Почему нам не стремиться к тому же? Вы можете возразить, что мы намного более многочисленный и экономически

сильный народ, чем шведы или швейцарцы, и нам пристало больше влиять на события в мире. Но попробуем заглянуть в более далекое будущее. Изменения в структуре мира, свидетелями которых мы сейчас являемся, имеют определенное сходство со сдвигами, происшедшими в Европе на переходе от Средневековья к Новому времени. Тогда развитие техники, особенно военной техники, имело своим последствием исчезновение малых, первоначально политически независимых единиц, как рыцарский замок и город, — они исчезали как независимые политические образования — и замену их более крупными организационными единицами, большими и малыми территориальными государствами. Когда совершился этот переход, окружение себя дорогостоящими стенами и крепостными валами уже не давало городу сколько-нибудь заметных преимуществ. Наоборот, маленький город, отказавшийся от оборонительных городских стен, мог порой расширяться легче и быстрее, чем более крупный, чей рост был этими стенами ограничен. В наше время техника тоже делает огромные успехи, после изобретения самолета радикально изменилась военная техника. И сегодня тенденция к образованию более крупных политических объединений, перешагивающих через национальные границы, тоже совершенно очевидна. Поэтому для безопасности нашей страны было бы полезнее, если бы мы отказались от вооружений и вместо этого попытались, приложив экономические усилия, наладить добрососедские отношения с окружающими нас нациями. Рост наших вооружений скорее всего лишь упрочит противодействующие силы в других странах и, в конечном счете, приведет к уменьшению общей безопасности. Принадлежность к какому-то более крупному политическому сообществу могла бы служить нам гораздо лучшей защитой. Всем этим я хочу лишь сказать, что всегда очень трудно судить о доброкачественности политических целей, от достижения которых мы еще очень далеки. Я считаю поэтому, что о политическом движении никогда не надо судить по тем целям, которые оно во всеуслышание провозглашает и к которым, возможно, даже и действительно стремится, но всегда — только по тем средствам, которые оно для их достижения применяет. Эти средства у национал-социалистов и у коммунистов, к сожалению, одинаково плохи; они показывают, что сами инициаторы уже не верят в убедительную силу своих идей; поэтому мне с обоими движениями не по пути, и я к своему огорчению убежден, что от них для Германии можно ожидать только несчастья.

— Но Вы должны согласиться, что хорошими средствами не было достигнуто вообще ничего. Молодежное движение не устраивало никаких демонстраций, не выбивало оконных стекол и не избивало своих противников. Оно только собственным примером пыталось утвердить в жизни новые, более совершенные ценностные нормы. Но чего оно достигло?

— В чисто политическом смысле, возможно, ничего. Но в культурном плане молодежное движение было действительно плодотворно. Вспомните о народных школах и о художественных ремеслах, о Бау-

хаузе в Дессау, о культивировании старой музыки, о певческих кружках и любительских театрах, разве это не достижения?

— Да, пожалуй. Я не хочу всего этого отрицать, меня это радует. Но Германию надо и политически освободить от состояния внутренней коррупции и внешней опеки. И одними добрыми средствами осуществить это оказалось явно невозможно. Отсюда нельзя заключить, что тогда все должно остаться по-старому. Вы критикуете нас за то, что мы идем за человеком, который кажется Вам слишком примитивным и методы которого Вы не одобряете. Я тоже воспринимаю его антисемитизм как наиболее неприятную сторону нашего движения и надеюсь, что он скоро прекратится. Но ведь разве какой-нибудь представитель прежнего мира, какой-нибудь из старых профессоров, жалующихся теперь на революцию, попытался указать нам, молодым, лучший путь, который привел бы к цели лучшими средствами? Не было никого, способного сказать нам, каким другим путем выйти из беды. Не сказали этого и Вы. Что же нам было делать?

— Ну, и тогда Вы стали принимать участие в насильственных действиях и включились в революцию — в нелепой иллюзии, будто из разрушения может выйти что-то хорошее. Вы знаете, что писал Якоб Бурхардт о внешнеполитических результатах революции: «Если революция не сделает господином как раз заклятого врага, то уже и это надо считать великим счастьем». Кто гарантирует нам, немцам, такую редкую удачливость? Если мы, старшие — и я вынужден теперь причислить к ним и себя — не помогли Вам никаким советом, то лишь по той самой простой причине, что мы совершенно не знали, какой дать совет, — кроме того крайне банального, что надо добросовестно и аккуратно делать свое дело в надежде, что хороший пример в конечном счете послужит во благо.

— Значит, Вы хотите навеки остаться при старом, былом, вчерашнем. Всякая попытка изменить его, на Ваш взгляд, дурна. Но молодежь в этом уже не убедишь. Так не создашь в мире ничего нового. Тогда по какому же праву Вы в своей науке выступаете за новые революционные идеи? Ведь теория относительности и квантовая теория радикально порывают со старым.

— Если уж говорить о революциях в науке, то важно совершенно точно понимать, что они такое. Вспомним, к примеру, о квантовой теории Планка. Вы, возможно, знаете, что Планк с самого начала был ярко выраженным консервативным умом, у которого никогда не появлялось желания всерьез изменять старую физику. Но он взялся за разрешение определенной, очень узкой проблемы, он хотел понять спектр теплового излучения. Разумеется, он попытался решать ее с сохранением всех прежних физических законов и потратил много лет на то, чтобы убедиться в невозможности такого предприятия. Только тогда он предложил гипотезу, выходящую за рамки прежней физики, и даже потом еще хотел дополнительными допущениями заделать брешь, пробитую им же в стенах старой физики. Это, однако, оказалось невозможным, и последующая разработка гипотезы Планка заставила перестроить всю физику. Но даже и после такой пере-

стройки в тех областях физики, которые могут быть полностью охвачены понятиями классической физики, все осталось без изменений.

Иными словами: в науке хорошую и плодотворную революцию можно совершить только тогда, когда мы пытаемся внести как можно меньше изменений, когда ограничиваемся прежде всего разрешением узкой, четко очерченной проблемы. Попытка отказаться от всех прежних вещей или изменить их по своему произволу ведет к чистой бессмыслице. В науке только не критически мыслящие полубезумные фанатики рискуют опровергать все существующее — например люди, утверждающие, что можно построить вечный двигатель, — и из подобных попыток, естественно, ничего не выходит. Я, конечно, не знаю, можно ли сравнивать научные революции с революциями в общественной жизни людей. Но я склонен думать — пусть это только мечта, — что и в истории человечества самые успешные революции те, в которых люди пытаются разрешать лишь ясно определенные проблемы и изменять как можно меньше. Вспомните о той великой революции две тысячи лет назад, инициатор которой, Христос, сказал: «Я пришел не отменить закон, а исполнить его». Повторяю: все дело в том, чтобы ограничиться одной важнейшей целью и изменять как можно меньше. То небольшое, что будет при этом изменено, может проявить потом такую преобразующую силу, что само собой перестроит почти все жизненные формы.

— Но почему Вы так цепляетесь за старые формы? Часто бывает, что старые формы уже не годятся для нового времени и поддерживаются только из своего рода косности. Почему их тогда сразу не снести? Мне, например, кажется абсурдным, что профессора до сих пор приходят на университетские праздники в своих средневековых мантиях. Это ветхий пережиток, который надо отбросить.

— Разумеется, мне дороги не старые формы, а то содержание, которое должно за ними стоять. Я мог бы пояснить это сравнение из физики. Формулы классической физики выражают старое опытное знание, которое не только всегда было верным, но также и в будущем и во все времена останется таковым. Квантовая теория придает этой сокровищнице опыта лишь формально иной облик. Но содержание физики нельзя совершенно никак изменить в том, что касается колебаний маятника, законов рычага, движения планет, потому что эти процессы неизменны, как мир неизменен. Вернемся теперь к мантиям: эта старая форма дошла до нас со времен сословного расслоения народа и содержательно ей соответствует еще более древнее опытное знание того, что группа людей, которые много учились, чье мышление вышколено на множестве сложных рассуждений других людей, исключительно важна для человеческой общности, потому что ее советы более обоснованны, чем советы других. Мантия призвана выразить особое положение и защитить своего носителя, даже если лично он не стоит на уровне своего сословия, от грубых нападков толпы. Это опытное знание в нашем мире точно так же истинно, как и сотни лет назад, хотя, действительно, совершенно неважно, будет ли его внеш-

ним символом мантия или, может быть, лучше другие, современные формы. Правда, у меня есть подозрение, что многие критики мантий непрочь расстаться с многовековым опытом, который стоит за нами. Но это была бы чистая глупость, потому что факты изменить нельзя.

— Ну, Вы опять выставляете свой опыт против активности молодежи, как всегда делают и делали старые люди. На это мы Вам уже больше ничего не можем возразить и снова остаемся в одиночестве.

Мой посетитель повернулся, чтобы уйти, но я спросил его, не сыграть ли ему еще раз последнюю часть концерта Шумана настолько правильно, насколько это возможно без оркестра. Он выразил согласие, и при расставании у меня сложилось впечатление, что он дружески настроен ко мне.

В недели, следовавшие за этой беседой, вмешательство в жизнь университета становилось все более пугающим. Один из наших коллег по факультету, математик Леви, которого по закону должны были оставить в покое, потому что в первой мировой войне он получил много высоких знаков отличия, был внезапно лишен своего поста. Возмущение среди молодых членов факультета — я имею в виду особенно Фридриха Хунда, Карла Фридриха Бонхеффера и математика ван дер Вердена — было так велико, что мы задумали оставить свои посты в университете и побудить к такому же шагу как можно большее число коллег. Сначала я, однако, хотел обсудить наш план с человеком старшего поколения, располагавшим нашим полным доверием. Я попросил поэтому Макса Планка принять меня и посетил его у него дома на Вангенхаймаштрассе в Груневальде под Берлином.

Планк принял меня в своей несколько сумрачной, но со старомодным уютom устроенной гостиной, где казалось, будто над столом посреди комнаты еще свисают старые керосиновые лампы. Планк выглядел на много лет постаревшим со времени нашей последней встречи. На его точеном худощавом лице пролегли глубокие складки, его приветственная улыбка была вымученной, он казался бесконечно усталым.

— Вы приехали, чтобы получить от меня совет в политических вопросах, — начал он нашу беседу, — но я боюсь, что уже не смогу дать Вам никакого совета. У меня нет уже надежды, что Германию, а тем самым и немецкие университеты, можно еще как-то удержать от катастрофы. Прежде чем Вы расскажете мне о разгромах в Лейпциге, наверное, не меньших, чем у нас в Берлине, я лучше сразу сообщу Вам о разговоре, который я имел несколько дней назад с Гитлером. Я надеялся довести до его сознания, какой громадный вред наносит немецким университетам и, в частности, физической науке в нашей стране изгнание наших коллег еврейской национальности; как бессмыслен и глубоко безнравствен такой образ действий, коль скоро речь большей частью идет о людях, создающих себя целиком немцами и в последней войне отдававших свою жизнь за Германию наравне со всеми. Но я не нашел у Гитлера никакого понимания — или, еще хуже, просто не существует языка, на котором вообще можно было

бы добиться взаимопонимания с таким человеком. Гитлер, как мне кажется, утратил всякий реальный контакт с внешним миром. Он воспринимает слова собеседника в лучшем случае как досадную помеху, которую тотчас заглушает, декламируя одни и те же фразы о распаде духовной жизни за последние 14 лет, о необходимости в последнюю минуту остановить этот распад и т. д. Создается роковое впечатление, что он сам верит в эту чушь и, так сказать, силой обеспечивает себе возможность веры как раз за счет исключения любых влияний извне; ибо он одержим своими так называемыми идеями, недоступен никаким разумным внушениям и приведет Германию к чудовищной катастрофе.

Тут я рассказал ему о событиях в Лейпциге и о разработанном нами, молодыми сотрудниками факультета, плане демонстративно отказаться от своей профессуры, громко и явено заявив тем самым: «Ни шагу далее». Но Планк был заранее убежден в безуспешности такого поступка.

— Я рад, что Вы как молодой человек настроены еще оптимистически и верите в возможность подобными шагами поставить предел беде. Но Вы, к сожалению, сильно переоцениваете влияние университетов и людей духовной закалки. Общественность практически ничего не узнает о Вашем шаге. Газеты либо вообще ничего не сообщают, либо расскажут о Вашей отставке таким хамским тоном, что никому не придет в голову делать из нее серьезные выводы. Видите ли, когда лавина пришла в движение, повлиять на ее ход уже невозможно. Сколько разрушений она вызовет, сколько человеческих жизней уничтожит, уже предопределено природными законами, даже если мы пока еще этого не знаем. Гитлер тоже не может уже по-настоящему влиять на ход событий, ибо он не столько правит, сколько сам управляем своей одержимостью. Он не может знать, вознесут ли его в конечном счете раскованные им силы или жалким образом уничтожат.

Так что Ваш шаг будет иметь последствия для Вас самих вплоть до самого конца катастрофы — и Вы должны быть готовы к тому, что расплатиться придется, возможно, очень многим, — но для жизни в нашей стране все, что Вы делаете, станет значимым только после этого конца. На будущее мы и должны ориентироваться. Если Вы уйдете в отставку, Вам в лучшем случае придется искать места за границей. О том, что произойдет в менее благоприятном случае, мне не хотелось бы думать. За границей Вы будете причислены к огромному числу вынужденных эмигрантов, тоже ищущих места, и, возможно, косвенным образом отнимете место у кого-то другого, более нуждающегося, чем Вы. Вы сможете там, наверное, спокойно работать, будете вне опасности, а после конца катастрофы сумеете при желании возвратиться домой — со спокойной совестью оттого, что Вы не вступили в компромисс с разрушителями Германии. Но к тому времени пройдет уже, наверное, много лет, Вы станете другим, другими станут и люди в Германии; и я не знаю, много ли Вы сможете сделать в том изменившемся мире.

Если Вы не подадите в отставку и останетесь здесь, перед Вами встанет задача совсем другого рода. Вы не в силах остановить катастрофу и будете даже вынуждены, чтобы выжить, не раз вступать в те или иные компромиссы. Но Вы сможете попытаться вместе с другими образовать островки устойчивости. Вы сможете собирать вокруг себя молодых людей, показывать им, как делают настоящую науку, и тем самым сохранять в их сознании старые верные масштабы. Разумеется, никто не знает, сколько таких островков переживет катастрофу, но я убежден, что даже небольшие группы одаренных молодых людей, в которых удастся сохранить такой дух, пока длится страшное время, сыграют после его конца огромную роль в восстановлении. Подобные группы смогут стать центрами кристаллизации, вокруг которых образуются новые жизненные формы. Прежде всего это поможет восстановлению научной работы в Германии. Но, поскольку не известно еще, какое место займут наука и техника в будущем мире, их влияние может распространиться и на другие области. По-моему, всем, кто может что-то сделать и кто не безусловно вынужден эмигрировать, например по национальному признаку, следовало бы попробовать остаться тут и готовить более отдаленное будущее. Это, конечно, будет очень трудно и небезопасно, а компромиссы, на которые тут придется пойти, будут с полным правом поставлены Вам же в вину, и за них, возможно, придется расплачиваться. Но, может быть, несмотря на все это, надо поступить именно так. Разумеется, я и не подумал бы осудить никого, кто решит иначе и эмигрирует, потому что сочтет жизнь в Германии невыносимой и потому что просто не сможет смотреть на творящуюся здесь несправедливость, не имея возможности помешать ей. Однако в такой чудовищной ситуации, какую мы наблюдаем сейчас в Германии, поступать правильно уже просто невозможно. Какое решение ни прими, все равно участвуешь в неправде того или иного рода. Поэтому каждый в конце концов должен действовать в одиночку, взять всю ответственность на себя. Давать или выслушивать советы уже не имеет смысла. Поэтому я могу сказать Вам только одно, не стройте себе иллюзий; что бы Вы ни делали, Вы не сможете предотвратить те большие беды, которые случатся с нами до конца катастрофы. Но принимая решение, думайте о времени, которое наступит потом.

Дальше этого предостережения наш разговор тогда не пошел. На обратной дороге и в поезде до Лейпцига в моей голове непрерывно одна за другой кружились все эти мысли, и я терзался вопросом, следует ли мне эмигрировать или остаться. Я почти завидовал друзьям, у которых насильственно отняли возможность жить в Германии и которым была поэтому ясна необходимость покинуть нашу страну. Их горько оскорбили несправедливостью, им приходилось преодолевать большие материальные трудности, но им по крайней мере не приходилось выбирать. Я пытался ставить проблему во все новых формах, чтобы яснее увидеть, как правильно поступить. Когда в твоём доме один из членов семьи смертельно заболел заразной болезнью, правильнее ли покинуть дом, чтобы не стать новым пере-

носителем инфекции, или лучше ухаживать за больным, даже если надежды уже не остается? Но позволительно ли сравнивать революцию с болезнью? Не слишком ли это простой способ отделаться от нравственных аргументов? И еще, каковы компромиссы, о которых говорил Планк? В начале лекции для соблюдения требуемой национал-социалистической партией формальности надо было поднять руку. Как часто я и ранее уже приветствовал знакомых поднятием руки. Является ли это позорной уступкой? Служебные письма надо было заканчивать словами «Хайль Гитлер». Это было уже намного неприятнее, но, к счастью, писать такие письма приходилось нечасто, да к тому же в этом приветствии звучал скрытый смысл: «Не хочу иметь с тобой никакого дела». Требовалось участвовать в празднествах и демонстрациях. Но, пожалуй, эту обязанность часто удастся обходить. Каждый отдельный шаг такого рода еще можно было как-то оправдать. Но придется, наверное, сделать много таких шагов, и можно ли все их оправдать? Правильно ли поступил Вильгельм Телль, когда он отказал шляпе Гесслера в приветствии и этим подверг крайней опасности жизнь своего ребенка? Не должен ли был он и тогда тоже пойти на компромисс? Но если ответом здесь будет «нет», то почему надо идти на компромиссы в сегодняшней Германии?

Если, наоборот, решиться на эмиграцию, то как увязать такое решение с императивом Канта, согласно которому надо поступать так, чтобы твой собственный поступок мог служить общезначимой максимой? Ведь все эмигрировать не могут. Что же, так и ездить без конца по нашему Земному шару из одной страны в другую, чтобы уйти от всех надвигающихся там и здесь социальных катастроф? Такие или подобные катастрофы едва ли пощадят со временем и другие страны. В конце концов, мы по рождению, языку и воспитанию принадлежим к одной определенной стране. И не означает ли эмиграция, что мы без борьбы оставляем нашу страну группе одержимых людей, вышедших из психического равновесия и в своем помешательстве ввергающих Германию в необозримые бедствия?

Планк говорил о том, что бывают ситуации, когда при любом решении человек совершает несправедливость. Возможны ли в принципе такие ситуации? Как физик-теоретик я попробовал перебрать несколько мысленных экспериментов, т. е. представить крайние ситуации, которые хоть и не случаются в действительности, все же достаточно близки к реальным ситуациям и вместе с тем достаточно экстремальны, чтобы можно было сразу заметить невозможность человечески оправданного выхода из них. В конце концов я пришел к следующему ужасному примеру: диктаторское правительство бросило десятерых своих противников в тюрьму и решило убить по крайней мере одного из них, наиболее важного, однако готово убить и всех. Но правительству важно представить это убийство за границей как справедливое. Поэтому оно предлагает другому своему противнику, который ввиду своего высокого международного престижа еще оставлен на свободе, — им может быть, например, видный

юрист — следующий договор: если юрист готов засвидетельствовать своей подписью под соответствующей экспертизой законность убийства важнейшего из противников, то остальные девять будут отпущены, и им гарантируется возможность эмигрировать; если он откажет в своей подписи, будут казнены все десятеро заключенных. У юриста не может быть сомнений, что диктатор не шутит со своей угрозой. Как поступить? Что ему дороже, свой «белый жилет», как тогда цинично выражались, или жизнь девяти друзей? Даже самоубийство юриста тут уже не было бы выходом из положения, потому что оно лишь затруднило бы спасение невинных заключенных.

Тут мне на память пришел один разговор с Нильсом, говорившим об отношении дополнительности между понятиями «справедливость» и «любовь». То и другое, справедливость и любовь — важные составные части нашего поведения в совместной жизни с другими людьми; но в конечном итоге они исключают друг друга. Справедливость велит юристу отказать в своей подписи. Да и политические последствия подписи, возможно, наведут беду на гораздо большее число людей, чем на девять жертв. Но может ли любовь замкнуться для призыва о помощи, с которым в отчаянии обращаются к юристу родственники девятерых друзей? Потом мне снова показалось ребячеством разыгрывать такие абсурдные мысленные варианты. Надо было все-таки здесь и теперь решить, должен ли я эмигрировать или оставаться в Германии. Надо было думать о времени, которое наступит после катастрофы. Это сказал Планк, и я видел тут смысл. Итак: создать островки устойчивости, сплотить молодых людей и по возможности провести их через катастрофу живыми и невредимыми, а потом, после ее конца, начать строить заново; такой была задача, о которой говорил Планк. Сюда неизбежно входило, конечно, согласие на компромиссы и позднее справедливое наказание за них, если не что-нибудь худшее. Но это была по меньшей мере ясно поставленная задача. За рубежом в нас надобности не было. Там существовали свои задачи, с которыми могли лучше справиться многие другие. По возвращении в Лейпциг я принял решение по крайней мере на ближайшее время остаться в Германии, в Лейпцигском университете, и посмотреть, куда меня приведет в дальнейшем этот путь.

ХІІІ. ДИСКУССИИ О ВОЗМОЖНОСТЯХ АТОМНОЙ ТЕХНИКИ И ОБ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦАХ (1935—1937)

Несмотря на тревогу, вызванную в научной жизни не одной лишь нашей страны немецкой революцией и последовавшей за нею эмиграцией, атомная физика развивалась в те годы с ошеломляющей быстротой. В лаборатории Резерфорда в Кембридже Коккрофт и Уолтон сконструировали высоковольтную установку, позволявшую придавать атомным ядрам водорода, протонам, столь большое ускорение, что при бомбардировании ими атомных ядер легких элементов они могли преодолеть силы электрического отталкивания, попасть в атомное ядро и преобразовать его. С этим и подобными ему инструментами, особенно с созданным в Америке циклотроном, появилась возможность поставить много новых экспериментов в области ядерной физики, так что скоро сложилась довольно ясная картина свойств атомного ядра и действующих в нем сил. Оказалось, что атомные ядра в отличие от атомов в целом нельзя сравнивать с малой планетной системой, где наиболее мощные силы исходят от центрального тяжелого тела, определяющего орбиты легких тел, которые вращаются вокруг него; скорее, атомные ядра различных элементов — это как бы капли разной величины из одинаковой ядерной материи, состоящей, в свою очередь, из примерно одинакового числа протонов и нейтронов. Плотность этой образуемой протонами и нейтронами ядерной материи у ядер всех атомов примерно одинаковая, разве что из-за сильного электростатического отталкивания протонов в тяжелых ядрах число нейтронов несколько больше, чем число протонов. Мощные силы, удерживающие ядерную материю от распада, не изменяются при перестановке протона и нейтрона; это предположение подтвердилось. И обнаружившаяся таким образом симметрия между протоном и нейтроном, о которой я догадывался еще тогда, в хижине на альпийском лугу Штайлер Альм, проявляется также и в том, что многие атомные ядра при β -распаде излучают электроны, а другие — позитроны. Чтобы более подробно изучить структуру атомного ядра, мы на нашем лейпцигском семинаре попытались рассматривать атомное ядро, т. е. почти сферическую каплю ядерной материи, как некий шарообразный сосуд, внутри которого свободно движутся нейтроны и протоны, не ставя значительных препятствий друг другу; тогда как Нильс в Копенгагене, наоборот, придавал очень

большое значение взаимодействию отдельных элементов ядра и был поэтому склонен видеть в ядре что-то вроде мешка с песком.

Чтобы прояснить это различие концепций в беседах, я за время между осенью 1935 и осенью 1936 г. ездил на несколько недель в Копенгаген. Будучи гостем семьи, я имел право занять комнату в жилище, которое было предоставлено Бору как почетному гражданину и его родственникам датским государством из средств фонда Карлсберга. Этот дом в течение многих лет играл исключительную роль как место встречи атомных физиков. Это было строение в помпейском стиле, в отделке которого еще явственно ощущалось сильное влияние знаменитого скульптора Торвальдсена на датскую культурную жизнь. Из гостиной скульптурно украшенная наружная лестница вела в большой парк, середину которого оживлял фонтан среди цветочных клумб и высокие старые деревья которого давали защиту от солнца и дождя. Из прихожей жилища с одной стороны был выход в зимний сад, где только журчание еще одного маленького фонтана нарушало царившую в этой части дома тишину. Мы часто клали на струю этого фонтана шарики от настольного тенниса, плясавшие в ней, и теоретизировали о физических причинах этого феномена. За зимним садом располагался большой зал с дорическими колоннами, неоднократно использовавшийся для праздничных мероприятий во время научных конференций. В этом гостеприимном доме я имел возможность несколько недель пожить в семье Бора, и случилось так, что английский физик лорд Резерфорд, отец современной атомной физики, как его позже иногда называли, провел короткое каникулярное время тоже у Боров в Копенгагене. Так само собой получилось, что мы не раз бродили вдвоем по парку, обмениваясь мнениями о новейших экспериментах или о строении атомного ядра. Попытаюсь зафиксировать одну из этих бесед.

Лорд Резерфорд: «Что, собственно, по Вашему мнению, произойдет, если мы построим еще более крупные высоковольтные установки или другие ускорительные машины и обстреляем протонами еще более высоких энергий и скоростей тяжелые атомные ядра? Пробьет ли быстрая бомбардирующая частица атомное ядро просто насквозь, почти не нанеся ему повреждений, или же она застрянет в атомном ядре так, что вся ее кинетическая энергия в конечном счете передается ядру? Если взаимодействие отдельных элементов ядра очень существенно, как считает Нильс, то бомбардирующая частица скорее всего застрянет в ядре. Но если протоны и нейтроны почти независимо движутся в атомном ядре, не влияя друг на друга со значительной силой, то частица, пожалуй, пролетит сквозь ядро, не вызвав больших разрушений».

Нильс: «Я определенно считал бы, что бомбардирующая частица, как правило, застревает в атомном ядре и что ее кинетическая энергия каким-то образом равномерно распределяется среди всех нуклонов вследствие интенсивного взаимодействия между ними. Атомное ядро просто разогревается вследствие столкновения, и степень разогрева можно рассчитать, исходя из собственного тепла ядерного

вещества и из энергии, содержащейся в бомбардирующей частице. То, что затем происходит, лучше всего было бы назвать частичным испарением атомного ядра. Это значит, что энергия некоторых частиц на его поверхности возрастает настолько, что они покидают атомное ядро. Но что думаешь об этом ты?

Вопрос был обращен ко мне.

— Мне тоже бы так казалось, — отвечал я, — хотя это не совсем вяжется с нашими лейпцигскими представлениями о почти свободном обращении нуклонов внутри ядра. Однако проникшая в ядро очень быстрая частица явно должна при больших силах внутриядерного взаимодействия испытать много столкновений и потерять тем самым свою энергию. Медленная частица, движущаяся внутри атомного ядра с небольшой энергией, может вести себя иначе, потому что тогда начинает проявляться волновая природа частиц, и число переносов энергии сокращается. Тогда пренебрежение взаимодействием допустимо в порядке аппроксимации. Впрочем, надо, наверное, просто рассчитать все это; ведь об атомном ядре известно уже достаточно. Мы займемся таким расчетом в Лейпциге.

Но я хотел бы поставить встречный вопрос: мыслимо ли вообще, чтобы увеличение мощности ускорителей привело в конце концов к техническому применению ядерной физики, — скажем, начнется изготовление искусственных волокон химических элементов в больших количествах или использование внутриядерной связи примерно таким же образом, как при сжигании используется энергия химической связи? Есть, кажется, английский футурологический роман, в котором ученый-физик в момент крайней политической напряженности изобретает атомную бомбу и с ее помощью как *Deus ex machina* помогает своей стране справиться со всеми трудностями. В несколько более серьезной форме физикохимик Нернст в Берлине как-то заявил, что Земля есть, собственно, своего рода пороховая бочка, при которой пока не хватает только спички, чтобы она взлетела на воздух. И действительно: если бы удалось, скажем, каждые четыре ядра атома водорода в морской воде соединить с одним ядром атома гелия, то высвободилась бы такая чудовищная энергия, что сравнение с пороховой бочкой можно было бы считать смехотворным приукрашением реальности.

Нильс: «Нет, подобные идеи пока еще не додуманы до конца. Решающая разница между химией и ядерной физикой состоит в том, что химические процессы, как правило, происходят все-таки с участием большинства молекул соответствующего вещества, например пороха, тогда как в ядерной физике можно экспериментировать всегда лишь с малым числом атомных ядер. И с появлением больших ускорителей дело, в принципе, тоже не изменится. Число процессов, протекающих во время химического эксперимента, относится к числу процессов, которые до сих пор удается вызывать при экспериментах в ядерной физике, примерно так же, как, скажем, диаметр нашей планетной системы относится к диаметру булыжника; и тут уж не будет большой разницы, если мы заменим булыжник обломком скалы.

Было бы, конечно, совсем другое дело, если бы нам удалось довести кусок вещества до столь высоких температур, чтобы энергии отдельной частицы было достаточно для преодоления сил отталкивания между атомными ядрами, и если бы одновременно удавалось поддерживать такую плотность вещества, чтобы столкновения не были слишком редкими. Но для этого надо поднять температуру до, скажем, одного миллиарда градусов, а при таких температурах, разумеется, уже не существует никаких стен и камер, в которые можно было бы заключить это вещество; они уже давно к тому времени испарятся».

Лорд Резерфорд: «Пока нет речи и об извлечении энергии из внутриядерных процессов. Действительно, при введении протона или нейтрона в атомное ядро происходит изолированный процесс высвобождения его энергии. Но, чтобы добиться осуществления такого процесса, надо сначала затратить гораздо большую энергию, например для ускорения очень большого числа протонов, большинство которых не попадает в ядро. Преобладающая часть этой энергии практически теряется в форме теплового движения. Так что с точки зрения энергии экспериментирование с атомными ядрами до сих пор остается чисто проигрышным предприятием. Разговоры о техническом применении энергии атомного ядра — полная чушь».

Мы легко сошлись на этом мнении, и никто из нас не подозревал тогда, что уже через несколько лет открытие расщепления ядра урана Отто Ганом в корне изменит ситуацию.

Тревожная эпоха мало чем давала о себе знать в тиши парка Бора. Мы сидели на скамье в тени высоких деревьев и наблюдали, как порывом ветра струю от фонтана относило иногда в сторону, и тогда отдельные капельки воды повисали на лепестках роз, сверкая в солнечных лучах.

По возвращении в Лейпциг я провел обещанные расчеты. В них подтвердилась догадка Нильса, что быстрые протоны от большого ускорителя, как правило, застревают в атомном ядре, просто разогревая его ударом. Примерно в то же время процессы подобного рода удалось реально пронаблюдать на быстрых протонах космического излучения. Вместе с тем те же наши расчеты, похоже, содержали и некоторое обоснование того, почему при исследовании внутреннего строения атомного ядра допустимо при первом приближении не учитывать сильное взаимодействие отдельных частиц. Мы продолжили наши лейпцигские исследования в том же направлении. Карл Фридрих, который был тогда ассистентом Лизе Мейтнер в институте Отто Гана в Далеме, часто приезжал на наши семинары из Берлина в Лейпциг и при встречах сообщал нам о своих исследованиях ядерных процессов внутри солнца и звезд. Ему удалось теоретически доказать, что в наиболее горячих внутренних частях звезд происходят вполне определенные реакции между ядрами легких атомов и что громадная энергия, постоянно излучаемая звездами, по-видимому, создается этими ядерными процессами. Бете в Америке опубликовал аналогичные исследования, и мы приучились рассматривать звезды как

гигантские атомные котлы, в которых перед нашими глазами постоянно происходит добыча энергии атомного ядра, конечно, не в виде технически контролируемого процесса, а в виде явления природы. Однако об атомной технике речи еще не было.

Наш лейпцигский семинар работал не только над теорией атомного ядра. По ходу дела разворачивались и мысли, наметившиеся у меня той ночью в хижине на Штайлер Альм, когда я пытался лучше понять природу элементарных частиц. Гипотеза Поля Дирака о существовании антиматерии стала теперь после многих экспериментальных подтверждений надежным достоянием науки. Мы знали, что в природе имеет место по крайней мере один процесс, при котором энергия превращается в материю. Из энергии излучения могут возникать пары электрон—позитрон. Было естественно предположить, что возможны и другие процессы этого рода, и мы пытались представить, какую роль могут эти процессы играть при столкновении элементарных частиц высоких скоростей.

Моим ближайшим собеседником на эти темы был Ганс Эйлер, который несколькими годами ранее примкнул к нам, будучи молодым студентом. Он сразу мне понравился не только своей одаренностью, далеко выходящей за средний уровень, но также и своим внешним обликом. Он выглядел более ранимым и чутким, чем большинство студентов, и на его лице — как раз когда он улыбался — можно было иногда заметить страдальческую черточку. У него было тонкое продолговатое лицо с впалыми щеками и высоким лбом, с белокурыми вьющимися волосами, и в его речи ощущалась напряженная сосредоточенность, необычная для молодого человека. Было нетрудно заметить, что материально он жил в крайне стесненных обстоятельствах, и я был рад, когда сумел выхлопотать для него место ассистента, хотя и со скромным окладом. Лишь очень нескоро, когда я заслужил его полное доверие, он поведал мне о действительных масштабах своей неустроенности. Его родители едва смогли наскрести средства на его обучение. Сам он был убежденным коммунистом; похоже, что уже и его отец попал в стесненное положение по политическим причинам. Эйлер был обручен с молодой девушкой, которая из-за своего еврейского происхождения была вынуждена бежать из Германии и теперь жила в Швейцарии. О людях, захвативших после 1933 года власть в Германии, он мог говорить лишь с отвращением. Но он очень неохотно касался этой темы. В те годы я часто приглашал Эйлера к себе в квартиру на обед, что уже было какой-то помощью ему, и в наших беседах мы взвешивали, между прочим, возможность его эмиграции. Однако он никогда не рассматривал ее всерьез, и у меня сложилось впечатление, что он чувствовал себя слишком привязанным к Германии, но и об этом он говорил неохотно.

Словом, я часто бывал в компании Эйлера, и мы, естественно, обсуждали с ним возможные последствия открытия Дирака и превращения энергии в материю.

— Благодаря Дираку мы знаем, — так примерно спрашивал у меня Эйлер, — что квант света, пролетающий мимо атомного ядра, может превратиться в пару частиц, один электрон и один позитрон; означает ли это, собственно говоря, что световой квант состоит из одного электрона и одного позитрона? В таком случае световой квант будет своего рода двойной звездой, т. е. системой, в которой электрон и позитрон вращаются вокруг друг друга. Или это ложное наглядное представление?

— Не думаю, чтобы в подобной картинке содержалось много истины. В самом деле, исходя из нее пришлось бы заключить, что масса подобной двойной звезды не может быть намного меньше суммы масс двух частиц, из которых она состоит. Непонятно также, почему такая система должна двигаться в пространстве всегда со скоростью света. Почему бы ей где-то не прийти в состояние покоя?

— Но тогда как же надо в данной связи говорить о кванте света?

— Можно, наверное, сказать, что квант света состоит из электрона и позитрона виртуально. Слово «виртуально» указывает на то, что речь тут идет о возможности. Смысл только что сказанной фразы в таком случае просто в том, что квант света может в известных экспериментах распасться на электрон и позитрон. Не более того.

— При столкновении частиц очень высоких энергий квант света может, по-видимому, превратиться также в два электрона и два позитрона. Скажете ли Вы в таком случае, что квант света виртуально состоит из этих четырех частиц?

— Да, думаю, в этом была бы логическая последовательность. Слово «виртуально», обозначая возможность, позволяет утверждать, что квант света состоит виртуально из двух или четырех частиц. Ведь две разные возможности не исключают одна другую.

— Но что же полезного дает нам такое утверждение? — критически заметил Эйлер. — Тогда с равным успехом можно сказать, что всякая элементарная частица виртуально состоит из любого произвольного числа других элементарных частиц. Ведь при достаточно высокой энергии столкновения может возникнуть сколь угодно большое число частиц. А сказать так — значит почти уже ничего не сказать.

— Нет, число и вид частиц все-таки не настолько уж произвольны. Для описания анализируемой частицы пригодны лишь конфигурации частиц, имеющие ту же симметрию, что и исходная частица. Вместо симметрии можно было бы еще точнее говорить о специфическом характере превращений данной частицы при операциях, оставляющих законы природы неизменными. Мы ведь уже и из квантовой механики знаем, что стационарные состояния атома характеризуются свойствами симметрии. Того же следует ожидать и от элементарных частиц, которые представляют собой тоже стационарные состояния, только не энергии, а материи.

Эйлер был все еще не вполне удовлетворен. «То, что Вы сейчас говорите, довольно-таки абстрактно. Лучше было бы, пожалуй, придумать эксперименты, которые пройдут иначе, чем до сих пор было принято от них ожидать, причем именно потому иначе, что кванты света виртуально состоят из пар частиц. Все-таки следовало бы предполагать, что мы получим по меньшей мере качественно разумные результаты, если примем на момент всерьез наглядный образ системы из спаренных звезд и спросим, что из этого должно следовать по законам прежней физики. Например, можно было бы заняться вопросом, действительно ли два световых луча, пересекающихся в пустом пространстве, пройдут друг через друга совершенно без помех, как всегда считалось ранее и как того требуют старые Максвелловы уравнения. Если в одном световом луче виртуально, т. е. как возможность, присутствуют пары электронов и позитронов, то другой световой луч должен как-то рассеиваться при встрече с этими частицами; иначе говоря, должно существовать рассеивание света светом, взаимное нарушение двух световых лучей, которое можно было бы подсчитать по теории Дирака и которое поддавалось бы также экспериментальному наблюдению».

— Можно ли такие вещи наблюдать, зависит, конечно, от величины взаимного нарушения. Однако Вы непременно должны рассчитать предполагаемое Вами воздействие. Возможно, экспериментальные физики найдут потом средства и способы обнаружить его.

— Собственно говоря, я нахожу эту философию по принципу «как если бы»²⁰, которой мы здесь занимаемся, все-таки очень странной. Квант света ведет себя во многих экспериментах, «как если бы» он состоял из электрона и позитрона. Временами он вдобавок ведет себя так, «как если бы» он состоял из двух и более таких пар. Похоже, что мы впадаем тут в какую-то совершенно неопределенную, размытую физику. А ведь по теории Дирака можно с большой точностью подсчитать вероятность того, что определенное событие произойдет, и эксперименты подтвердят этот результат.

Я попробовал еще немного далее развернуть эту философию по принципу «как если бы»: «Вам известно, что физики-экспериментаторы недавно обнаружили еще один вид среднетяжелой элементарной частицы, мезоны. Кроме того, существуют мощные силы, которые не дают распадаться атомному ядру и которым, в свою очередь, должны, в смысле дуализма волн и частиц, соответствовать какие-то свои элементарные частицы. Возможно, существует вообще не очень много элементарных частиц, которые нам пока еще не известны просто потому, что они обладают слишком короткой продолжительностью жизни. В таком случае, в духе философии по принципу «как если бы», элементарную частицу можно сравнивать с ядром атома или с молекулой, т. е. можно представлять дело так, как если бы отдельная элементарная частица была целым скоплением очень многих потенциально разнообразных частиц. В таком случае опять можно будет поставить

вопрос, который мне недавно задал в Копенгагене лорд Резерфорд по поводу атомного ядра: «Что произойдет, если элементарной частицей с очень высокой энергией бомбардировать другую частицу? Застрянет ли она в пораженной ею элементарной частице, которую мы теперь представляем как скопление частиц, нагрев это скопление и вызвав его испарение, или же она пролетит насквозь через скопление, не произведя слишком больших нарушений?» Это зависит, естественно, опять же от силы взаимодействия при единичном столкновении, а о ней мы равным счетом ничего не знаем. Но, пожалуй, стоит пока ограничиться уже известными взаимодействиями и посмотреть, что при этом выяснится».

Мы были тогда еще далеки от настоящей физики элементарных частиц. Только космическое излучение давало известные экспериментальные точки отсчета; о систематическом экспериментировании в данной области еще не было речи. Эйлеру хотелось узнать, насколько оптимистически или пессимистически я оцениваю развитие в этой области атомной физики, и он сказал:

— После открытия Дирака, т. е. с учетом существования антиматерии, вся картина стала намного более сложной. Какое-то время казалось, что весь мир можно построить из трех элементарных кирпичиков — протона, электрона и кванта света. Это было простое представление, и можно было надеяться, что главное удастся скоро понять. Но теперь картина все больше запутывается. Элементарная частица, собственно, уже вовсе не элементарна, она оказывается, по крайней мере «виртуально», очень сложным образованием. Не означает ли это, что мы намного дальше от понимания, чем можно было ранее надеяться?

— Нет, я бы с этим, пожалуй, не согласился. Ведь прежняя картина, в которую входили три элементарных кирпичика, была по сути дела мало правдоподобной. Почему обязательно должно быть именно три таких произвольно взятых единицы, из которых одна, протон, ровно в 1836 раз тяжелее, чем другая, электрон? Откуда взялось это число 1836? И почему эти единицы должны быть неразрушимыми? Взаимно бомбардировать ими друг друга можно со сколь угодно высокими энергиями; вероятно ли, что внутренняя прочность частиц переходит все границы? Теперь, после открытия Дирака, все выглядит намного более разумным. Элементарная частица, подобно стационарному состоянию атома, определяется своим свойством симметрии. Устойчивостью форм, которую Бор сделал в свое время исходной точкой своей теории и которую можно по крайней мере в принципе понять в рамках квантовой механики, объясняется и существование, и стабильность элементарных частиц. Эти формы, если их разрушают, постоянно образуются заново, подобно атомам химиков, и причина здесь, по видимому, в том, что симметрия укоренена в самом законе природы. Конечно, нам еще очень далеко до формулировки законов природы, обуславливающих структуру элементарных частиц. Но я

очень легко могу себе представить, что когда-нибудь позднее из этих законов удастся вычислить и число 1836. Меня увлекает мысль, что симметрия есть нечто более фундаментальное, чем частица. Это отвечает духу квантовой теории, как ее всегда понимал Бор. Это отвечает также и философии Платона, что нас как физиков, однако, не должно сейчас интересовать. Будем придерживаться того, что можно непосредственно исследовать. Вам надо бы рассчитать рассеяние света при пересечении со светом, а я буду ломать голову над более общим вопросом о том, что происходит при столкновении элементарных частиц очень высоких энергий.

Этой рабочей программы мы и держались в последующие месяцы, и мои расчеты выявили, что уже то взаимодействие, которое играет решающую роль при радиоактивном бета-распаде атомного ядра, при высоких энергиях способно стать очень сильным, допуская при столкновении двух высокоэнергетических частиц вероятность возникновения многих новых частиц. Это так называемое множественное образование элементарных частиц в те годы отчасти прослеживалось при изучении космических лучей, однако хорошего экспериментального доказательства его еще не существовало. Лишь 20 лет спустя появилась возможность непосредственно наблюдать подобные процессы в больших ускорителях. Эйлер вместе с другим участником моего семинара, Кокелем, вычислил рассеяние света при столкновении со светом, и хотя прямого экспериментального доказательства провести здесь не удалось, однако сегодня уже едва ли остается сомнение в том, что сформулированное Эйлером и Кокелем рассеяние действительно существует.

XIV. ПОВЕДЕНИЕ ОТДЕЛЬНОГО ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ПОЛИТИЧЕСКОЙ КАТАСТРОФЫ (1937—1941)

Годы перед второй мировой войной, которые я провел в Германии, всегда представляются мне временем бесконечного одиночества. Национал-социалистический режим настолько упрочился, что об улучшении положения изнутри уже нельзя было и думать. Одновременно наша страна все больше изолировалась от остального мира, и ясно ощущалось, что теперь за границей уже началось образование противодействующих сил. Военные вооружения нарастали с каждым годом, и казалось уже только вопросом времени, когда эта организованная мощь вступит в безжалостную борьбу, уже не смягченную никакими законами международного права, никакими военными конвенциями или нравственными запретами. К этому прибавилось одиночество человека в самой Германии. Взаимопонимание между людьми затруднилось. Только в самом тесном кругу друзей можно было говорить совершенно свободно. Со всеми другими людьми говорили на осторожном языке, больше скрывавшем, чем сообщавшем. Жизнь в этом мире недоверия была мне невыносима, и понимание, что концом такого пути может быть только тотальная катастрофа для Германии, делало для меня ясной непомерную трудность задачи, которую я поставил перед собой после своего визита к Планку.

Вспоминаю серое, холодное утро января 1937 г., когда я был обязан продавать на улицах лейпцигского центра значки для благотворительной помощи. Эта деятельность тоже входила в ряд тех унижений и компромиссов, которые приходилось терпеть в те времена, — хотя опять можно было сказать, что в собирании денег для бедных нет, собственно, ничего плохого. Двигаясь взад и вперед с кружкой для пожертвований, я пребывал в состоянии полного отчаяния — не из-за вынужденного жеста подчинения, что казалось мне малосущественным, а из-за полной бессмысленности и безнадежности того, что делал я сам и что разыгрывалось вокруг меня. И вдруг мною овладело странное и жуткое душевное состояние. Дома вдоль узких улочек показались мне отдаленными и почти нереальными, словно уже были разрушены и остались только в виде картинок; люди выглядели прозрачными, их тела как бы уже вышли из вещественного мира и можно было еще как-то распознать только их душевную структуру. Позади этих схема-

тических фигур и серого неба я ощущал сильное свечение. Мне бросилось в глаза, что некоторые люди были со мной особенно дружелюбны и протягивали свой взнос со взглядом, на момент возвращавшим меня из моей дали и тесно связывавшим меня с ними. Но потом я снова оказывался где-то далеко, начиная ощущать, что мое крайнее одиночество, пожалуй, может превысить мои силы.

Вечером того дня я был приглашен в дом издателя Бюкинга на камерную музыку. Вместе с юристом Якоби из Лейпцигского университета, отличным скрипачом и верным другом, а также хозяином дома в качестве виолончелиста я должен был играть соль-мажорное трио Бетховена, которое я хорошо знал еще с юношеских лет. Медленную часть его я играл вместе с друзьями в 1920 году на выпускном празднике в Мюнхене. Сейчас у меня был страх перед музыкой и встречей с новыми друзьями. Я чувствовал, что в своем плохом состоянии не готов вынести напряжение такого вечера, и поэтому был рад видеть, что круг приглашенных очень мал. Одна из молодых слушательниц, впервые присутствовавшая в доме Бюкинга, сумела уже при первом разговоре со мной развеять наваждение, сделавшее для меня все таким далеким в тот странный день. Я почувствовал, как действительность снова придвинулась ко мне, и медленная часть бетховенского трио явилась с моей стороны уже продолжением беседы с этой слушательницей. Несколько месяцев спустя мы поженились, и Элизабет Шумахер в последующие годы с большим мужеством делила со мной все трудности и опасности. Так жизнь началась снова, и мы могли уже вдвоем готовиться к тому, чтобы выстоять в надвигающейся грозе.

Летом 1937 г. я на короткое время попал в зону политической опасности. Это было мое первое испытание, но здесь я не буду о нем говорить, поскольку многим моим друзьям пришлось вынести худшее.

Ганс Эйлер был регулярным гостем в нашем доме. Мы часто совещались о политических проблемах, поставленных перед нами обстоятельствами. Однажды от Эйлера потребовали участия в лагерных сборах национал-социалистских доцентов и ассистентов в небольшом пригородном поселке. Я советовал ему посетить лагерные сборы, чтобы не рисковать своим местом ассистента, и рассказал ему о руководителе группы гитлер-югенда, который однажды разоткровенничался передо мной и которого Эйлер, по-видимому, должен был встретить в лагере. Возможно, с ним удастся осмысленно поговорить.

Эйлер вернулся взволнованный и встревоженный и подробно рассказал нам о своих переживаниях.

— Человеческий состав такого лагеря очень причудлив. Естественно, многие едут туда просто потому, что их заставляют, и людям не хочется, как, например, и мне, рисковать своим местом. С большинством из таких у меня почти нет общего языка. Кроме

них там есть несколько молодых людей, к ним принадлежит и Ваш знакомый, руководитель группы гитлер-югенда, которые действительно верят в национал-социализм и думают, что из него может получиться что-то хорошее. Я прекрасно знаю, сколько ужасного уже получилось из этого движения и какими бедами для Германии оно, наверное, еще грозит. Но я в то же время чувствую, что многие из этих молодых людей хотя и все-таки чего-то примерно такого же, как и я. Они тоже находят невыносимым это окостенелое буржуазное общество, в котором материальный достаток и внешне признание считаются высшими мерками человеческого достоинства. Они хотят заменить эту опустошенную форму чем-то более полновесным, жизненным; они хотят придать большую человечность взаимоотношениям людей, и того же по существу хочу я. Я все никак не могу понять, почему из подобной попытки получилось столько бесчеловечного. Я вижу лишь, что все обстоит действительно так. И у меня возникают сомнения, сбивающие меня с толку. Я ведь долгое время надеялся, что победит наше движение. Если бы судьба решила так, счастье и несчастье среди людей были бы распределены иначе, и мы улучшили бы многое. Но теперь я уже не уверен, что уменьшилось бы общее количество бесчеловечности. Доброй воли молодежи для этого явно недостаточно. В действие вступают более мощные силы, которые уже не удастся контролировать. А с другой стороны, верный ответ не может сводиться и к простому сохранению старого порядка, пусть даже он стал выхолощенной формой. Да это бы и не удалось. Чего же следует желать, и что можно сейчас еще сделать?

— Надо, наверное, просто ждать,— отвечал я ему, насколько помню,— пока мы не сможем снова что-то делать, а до тех пор мы обязаны хранить порядок в тех узких сферах, в которых нам довелось жить.

Летом 1938 года темные тучи мировой политики сгустились так угрожающе, что начали омрачать и мою новую домашнюю сферу. Мне пришлось в течение двух месяцев нести военную службу в составе горных стрелков в Зонтхофене, и мы несколько раз стояли в полном вооружении наготове для переправки к чешской границе. Но тучи еще раз рассеялись. Я был убежден, что дело идет лишь о краткой отсрочке.

К концу года в нашей науке произошло что-то совершенно неожиданное. На наш лейпцигский семинар, заседавший по вторникам, приехал Карл Фридрих из Берлина с сообщением, что Отто Ган при бомбардировании атома урана нейтронами обнаружил среди конечных продуктов ядерной реакции элемент барий²¹. Это означало, что ядро атома урана раскололось на две части сравнимой величины, и мы, естественно, сразу начали дискуссию по вопросу о том, возможно ли понимание этого процесса на базе наших прежних знаний об атомном ядре. Долгое время мы сравнивали атомное ядро с капелькой жидкости, состоящей из

протонов и нейтронов, а Карл Фридрих уже несколько лет назад вывел из эмпирических данных объемную энергию, поверхностное натяжение и электрическое отталкивание внутри этой капельки. Теперь к нашему изумлению оказалось, что совершенно невероятный процесс расщепления ядра, по сути дела, вполне реален. У очень тяжелых атомных ядер процесс расщепления с отдачей энергии мог происходить сам собой, так что достаточно было очень незначительного импульса извне, чтобы он начался. Бомбардирующий атомное ядро нейтрон способен, таким образом, вызвать его расщепление. Казалось просто удивительным, как это раньше никто не подумал о такой возможности. Это соображение влекло за собой еще один совершенно ошеломляющий вывод. Обе части расщепленного ядра непосредственно после деления явно не были шарообразными образованиями, т. е. содержали избыточную энергию, которая должна была вызывать известное испарение, т. е. отдачу поверхностью нескольких нейтронов. Эти нейтроны могли опять-таки попасть в другие ядра урана, побудить их к расщеплению и тем самым в конечном счете вызвать цепную реакцию. Мы понимали, что потребуются еще много экспериментальной работы, прежде чем подобные фантазии можно будет считать настоящей физикой. Но уже разнообразие возможностей захватывало и вместе с тем пугало нас. Год спустя мы непосредственно встали перед вопросом технического применения атомной энергии в машинах или в атомном оружии.

Когда корабль должен войти в область урагана, заранее задраиваются люки, крепятся канаты, все подвижные части привязываются или привинчиваются, чтобы можно было встретить непогоду с наивысшей мыслимой степенью безопасности. Так и я весной 1939 года начал искать для своей семьи загородный дом в горах, где моя жена и дети могли бы найти пристанище в случае разрушения городов. Я нашел его в Урфельде на озере Вальхензее, на южном склоне примерно в ста метрах выше той дороги, по которой некогда Вольфганг Паули, Отто Лапорт и я молодыми людьми катились на велосипедах и, глядя на Карвендель, спорили о квантовой теории. Дом принадлежал художнику Ловису Коринту, и вид с террасы был мне знаком уже по его ландшафтам Вальхензее, которые иногда попадались мне на выставках.

До наступления войны надо успеть и с другим делом. У меня было много друзей в Америке, и я ощущал потребность повидаться с ними. Ведь было неизвестно, встретимся ли мы снова. Я также надеялся на их помощь в случае, если мне удастся участвовать в восстановлении страны после катастрофы.

Итак, в летние месяцы 1939 года я читал лекции в университетах Анн Арбора и Чикаго. Там я встретил Ферми, вместе с которым в свое время работал в семинаре Борна в Геттингене. Позднее в течение ряда лет Ферми был ведущей, фигурой итальянской физики, но тогда из-за надвигавшейся политической катастрофы эмигрировал в Америку. Когда я посетил Ферми в его

квартире, он спросил меня, не правильнее ли было бы и мне тоже переселиться в Америку.

— Чего Вы еще ждете в Германии? Предотвратить войну Вы не в силах, а будете только делать ненужные Вам вещи и брать на себя нежеланную Вам ответственность. Если бы всеми своими стараниями там Вы могли добиться чего-то хорошего, то я понял бы Вашу позицию. Но вероятность этого близка к нулю. А здесь Вы начали бы новую жизнь. Смотрите, вся эта страна создана европейцами — людьми, которые бежали с Вашей родины, потому что уже не хотели переносить тесноту тамошних условий, вечные ссоры и стычки малых наций, тиранию, освобождения, революции и все связанные с этим бедствия. Потому что они хотели жить здесь в просторной и свободной стране без всякого балласта исторического прошлого. В Италии я был большим человеком, здесь я снова молодой физик, и это вне всякого сравнения лучше. Почему бы Вам тоже не сбросить с себя весь этот балласт и не начать все сначала? Вы прекрасно смогли бы заниматься здесь физикой и участвовать в огромном подъеме естествознания в этой стране. Зачем Вам отказываться от такого счастья?

— Вы выражаете мои собственные чувства, и я тысячу раз говорил себе то же самое; а перспектива выбраться из европейской тесноты на этот простор постоянно соблазняет меня еще со времени моей первой поездки сюда десять лет назад. Возможно, мне лучше было бы эмигрировать тогда. Но в конце концов я решил собрать вокруг себя там, в Европе, кружок молодых людей, которые хотели бы работать над новым в науке, а потом после войны вместе с другими смогли бы содействовать возрождению настоящей науки в Германии. Я чувствовал бы себя предателем, если бы оставил сейчас этих молодых людей в беде. Молодым ведь эмигрировать гораздо труднее, чем нам. Им не так легко найти здесь место, и с моей стороны было бы низко использовать эту возможность просто для одного себя. Пока я еще надеюсь на то, что война продлится недолго. Уже во время политического кризиса прошлой осенью, когда я был призван как солдат, я видел, что у нас почти никто не хочет войны. И когда обнаружится полная лживость так называемой мирной политики фюрера, то, по-моему, не исключено, что немецкий народ очень быстро одумается и избавит себя от Гитлера и его сторонников. Но я согласен, что знать это с полной уверенностью нельзя.

— Есть еще и другая проблема, которая должна Вас беспокоить, — продолжал Ферми. — Вам известно, что открытый Отто Ханом процесс расщепления атомного ядра может, вероятно, быть использован для получения цепной реакции. Надо поэтому считаться с возможностью технического применения ядерной энергии в машинах или атомных бомбах. Развитие атомной техники в военное время, надо думать, будет всячески форсироваться обеими сторонами. Правительства будут принуждать атомных физиков своих стран к участию в таком развитии.

— Это, разумеется, страшная опасность,— таков был смысл моего ответа,— и я прекрасно понимаю, что подобные вещи могут произойти. И Вы, к сожалению, совершенно правы в том, что Вы сказали о действии и ответственности. Но разве эмиграция от этого защищает? Пока у меня создается определенное впечатление, что развитие этой техники пойдет медленнее, даже если правительства станут настоятельнейшим образом подгонять его; так что, по-моему, война кончится прежде, чем дело дойдет до технического применения атомной энергии. И тут я опять признаю, что будущее мне неизвестно. Но техническая разработка продолжается, как правило, несколько лет, и конец войны явно наступит раньше.

— Разве Вы не считаете возможным, что Гитлер выиграет войну? — спросил меня Ферми.

— Нет, современные войны ведутся техникой, а поскольку гитлеровская политика изолировала Германию от других великих держав, технический потенциал на немецкой стороне несравненно меньше, чем на стороне вероятных противников. Это положение настолько недвусмысленно, что я иногда смею даже надеяться, что, зная реальные факты, Гитлер вообще не рискнет начать войну. Но все это, наверное, больше мечтания. Ибо реакции Гитлера иррациональны, и он просто не желает видеть реальность.

— И тем не менее Вы хотите возвратиться в Германию?

— Мне кажется, вопрос уже не стоит для меня таким образом. По-моему, человек должен быть последователен в своих решениях. Каждый из нас от рождения принадлежит определенной среде, определенному языковому и мыслительному пространству, и если он не оторвался от этой среды в достаточно раннем возрасте, то он всего лучше осуществляется как личность в этом пространстве и здесь может всего успешнее действовать. А исторический опыт говорит, что каждая страна рано или поздно сталкивается с социальными потрясениями и войнами, и едва ли уж так разумно советовать в таких случаях сразу эмигрировать. Ведь не могут же эмигрировать все. Люди должны поэтому научиться по мере сил предотвращать катастрофы, а не просто бежать от них. Можно было бы даже требовать, чтобы каждый, наоборот, принимал на себя всю тяжесть катастрофы, постигшей его собственную страну, что, возможно, побудило бы заранее прилагать все усилия для ее предотвращения. Но, конечно, подобное требование также было бы несправедливо. Ведь часто отдельный человек даже при крайнем напряжении сил неспособен помешать огромной массе людей двинуться по совершенно ложному пути, и не годится требовать от него, что он должен отказаться и от собственного спасения, раз не сумел сдержать других. Всем этим я хотел только сказать, что, по-видимому, не существует универсальных критериев, которыми здесь можно было бы руководствоваться. Каждый должен принять решение сам для себя, причем нельзя быть абсолютно уверенным в правоте или неправоте своих действий. Наверное, мы поступаем одновременно и верно, и неверно. Что касается меня,

то несколько лет назад я решил остаться в Германии; решение было, возможно, ложным, но мне кажется, я уже не имею права его изменять. Ведь я уже тогда знал, что придется пережить чудовищно-много несправедливостей и бедствий, и, стало быть, в предпосылках для решения ничего не изменилось.

— Жаль,— вздохнул Ферми.— Но, возможно, мы еще встретимся после войны.

Потом, перед отъездом, я имел подобную же беседу с Пеграмом, физиком-экспериментатором из Колумбийского университета, который был старше и опытнее меня и совет которого много для меня значил. Я был благодарен ему за доброжелательность, с какой он советовал мне эмигрировать в Америку, но я был также и огорчен тем, что мне не удалось объяснить ему мои мотивы. Он, похоже, считал просто непостижимым, что кто-то хочет вернуться в страну, поражение которой в надвигавшейся войне для него несомненно.

Пароход «Европа», на котором я в первые августовские дни 1939 г. возвратился в Германию, был почти пуст, и эта его пустота лишь подчеркивала те аргументы, которые приводили против меня Ферми и Пеграм.

Во второй половине августа мы обставляли свой новоприобретенный загородный дом в Урфельде. Когда утром первого сентября я спускался по нашему косоугору к почте, хозяин гостиницы «У почты» поспешил ко мне со словами: «Слышали уже, что началась война с Польшей?» И когда он увидел ужас на моем лице, то прибавил тоном утешения: «Ну что Вы, господин профессор, недельки через три вся война будет позади».

Несколько дней спустя я получил приказ о призыве, в котором, против ожидания, я зачислялся не в горные стрелки, в частях которых раньше уже служил, а в управление вооружений сухопутных войск в Берлине. Там я узнал, что вместе с группой других физиков должен работать над вопросом технического использования атомной энергии. Карл Фридрих получил такое же мобилизационное предписание, и получилось так, что в последующее время мы часто имели в Берлине возможность вместе продумывать и обсуждать сложившееся положение. Попытаюсь в одном диалоге подытожить задним числом все разнообразие мысли и соображения, приходившие нам тогда на ум.

— Так, стало быть, и ты член нашего «уранового клуба»,— такими примерно словами начал я нашу беседу,— и значит должен был уже задумываться над тем, как нам быть с поставленной перед нами задачей. Сама по себе она — интереснейшее научное дело, и если бы было мирное время и не существовало никаких осложнений, мы все были бы рады работать над проблемой такой важности. Но сейчас идет война, и все, что мы делаем, может вести к крайней опасности для нас и для других людей. Нам надо самым тщательным образом продумать, как себя вести.

— Ты тут, безусловно, прав, и я уже прикидывал возможность каким-либо образом отделаться от нашего задания. Можно было бы, пожалуй, без большой сложности заявить о своем желании добровольно пойти на фронт: можно было бы как-то переключиться на другие менее опасные технические проекты. Однако я, собственно говоря, пришел к решению, что мы должны остаться работать над проблемой урана, и именно потому, что речь тут идет о проекте со столь исключительными перспективами. Если техническое использование атомной энергии принадлежит еще непредвиденно далекому будущему, то никому не повредит, что мы этим занялись. Этот проект даже дает нам возможность относительно невероятными провести через войну молодых людей, которых мы за последнее десятилетие привлекли к атомной физике. А если атомная техника, так сказать, стоит у наших дверей, то лучше иметь возможность самим непосредственно влиять на события, чем предоставлять эту возможность другим или случаю. Разумеется, мы не знаем, сколь долго мы как ученые сможем держать подобное дело в своих руках. Но не исключено, что в продолжение какой-то долгой промежуточной стадии физики будут фактически осуществлять контроль над происходящим.

— Нечто подобное,— возразил я,— оказалось бы возможным только в том случае, если бы между должностными лицами в управлении вооружений сухопутных войск и нами сложились взаимоотношения доверия. Но ты знаешь, что еще год назад меня неоднократно допрашивало гестапо, и мне неприятно даже вспоминать о подвале на Принц-Альбрехтштрассе, где на стене жирными буквами написано: «Дышите глубоко и спокойно». Так что я не могу себе представить подобные отношения доверия.

— Взаимное доверие никогда не возникает между должностными лицами, а всегда только между людьми. Почему в управлении вооружений не может быть людей, которые отнеслись бы к нам без предрассудков и были бы готовы совещаться с нами о разумном курсе действий. Ведь по существу в этом заинтересованы мы все.

— Допустим; но все равно это очень опасная игра.

— Существует очень много разных степеней доверия. Степени, возможные здесь, могут оказаться достаточными для того, чтобы мы сумели воспрепятствовать слишком неразумному развитию событий. Но что ты думаешь о физической стороне нашей проблемы?

Я попытался тогда изложить Карлу Фридриху результаты пока еще очень предварительных теоретических исследований, которые я предпринял в первые недели войны и которые, собственно, можно было рассматривать лишь как своего рода физико-теоретический обзор проблемы.

— Похоже на то, что уран, встречающийся в природе, вообще непригоден как материал для цепной реакции с быстрыми нейтронами, так что из него нельзя делать атомные бомбы. Это большое

счастье. Для подобной цепной реакции можно применять лишь чистый или по крайней мере сильно обогащенный уран-235, для получения которого, если такое вообще возможно, потребовались бы невероятные технические затраты. Не исключено, что существуют и другие подобные вещества, но их по меньшей мере столь же трудно получить. Так что атомных бомб этого рода в ближайшее время не будет ни у англичан и американцев, ни у нас. С другой стороны, если сочетать природный уран с какой-либо тормозящей субстанцией, которая будет мгновенно замедлять все высвободившиеся в процессе расщепления нейтроны, доводя их до скорости теплового движения, то представилась бы, пожалуй, возможность получить управляемую цепную реакцию с производством энергии. Конечно, эта тормозящая субстанция не должна поглощать нейтроны. Надо поэтому брать вещества с очень малым захватом нейтронов. Обычная вода здесь, таким образом, не годится. Но подойдет, наверное, тяжелая вода или совершенно чистый углерод, скажем, в форме графита. Надо думать, это удастся экспериментально проверить в самое ближайшее время. Мне кажется, можно со спокойной — даже перед инстанциями, дающими нам задание, — совестью сосредоточиться прежде всего на цепной реакции в атомном котле подобного рода, предоставив проблему добычи урана-235 другим. Ибо необходимое для этого разделение изотопов, если оно вообще удастся, лишь очень нескоро сможет дать технически релевантные результаты.

— Ты, значит, склонен считать, что технические затраты на подобный урановый котел, если его вообще удастся построить, были бы значительно меньше, чем на атомные бомбы?

— Это кажется мне совершенно ясным. Разделение двух тяжелых, по своей массе столь близких изотопов, как уран-235 и уран-238, да еще в количествах порядка как минимум несколько килограммов урана-235, — это же вещь неимоверно трудная. А для уранового котла требуется, пожалуй, только химически очень чистый природный уран, графит и тяжелая вода в количестве нескольких тонн. Тут затраты могут оказаться в сто или тысячу раз меньшими. Я считаю также, что и Вашему берлинскому Институту кайзера Вильгельма, и нашей лейпцигской рабочей группе следовало бы прежде всего ограничиться подготовительными работами по созданию уранового котла. И, разумеется, мы должны тесно сотрудничать.

— Все, что ты говоришь, выглядит весьма разумно и в высшей степени обнадеживающе, — отвечал Карл Фридрих, — особенно потому, что работы над атомным котлом окажутся полезны и для послевоенного времени. Если возникнет мирная атомная техника, ее основой, по необходимости, станет атомный котел, который будет применяться как энергоснабжающий элемент в электростанциях, для привода судов и подобных целей. Наша работа в военное время поможет сформироваться молодому коллективу,

разбирающемуся в основах атомной техники и способному стать зародышем будущего технического развития.

Если мы хотим придерживаться такого курса, то важно уже сейчас при всяком общении с управлением вооружений сухопутных войск как можно реже и лишь между прочим упоминать о возможности создания атомной бомбы. Естественно, мы должны постоянно иметь в виду и эту возможность, хотя бы для того, чтобы не встретить как неожиданность действия другой стороны. Впрочем, даже с исторической точки зрения мне кажется мало правдоподобным, чтобы исход нынешней войны мог быть решен благодаря созданию атомной бомбы. Этой войной в столь большой мере правят иррациональные силы, утопические надежды молодежи и злое коварство определенного слоя стариков, что перевес в силе, который даст атомная бомба, еще меньше поможет решению проблемы, чем раскаяние или истощение сил. Но послевоенная эпоха будет, возможно, ознаменована прогрессом в атомной технике и в других технических областях.

— Ты, стало быть, полностью исключаешь возможность того, что Гитлер выиграет эту войну? — спросил я.

— Честно сказать, у меня на этот счет очень противоречивые чувства. Способные к политическому суждению люди, хорошо мне известные, прежде всего мой отец, не верят, что Гитлер может выиграть войну. Мой отец всегда считал Гитлера дураком и преступником, который обязательно плохо кончит, и в этом своем убеждении он никогда не колебался. Но если бы в этом была вся правда, успехи Гитлера за последнее время остались бы непонятными. Преступный дурак не смог бы наворачивать такого. С 1933 года я замечаю, что все эти опытные либеральные и консервативные критики Гитлера не понимают чего-то главного в нем, причин его психической власти над массами. Но и я его тоже не понимаю, я только чувствую эту власть. Он так часто опровергал предсказания своими успехами; как знать, не удастся ли ему сделать это еще один раз.

— Нет, — отвечал я, — во всяком случае, если проба сил будет доведена до конца. Ибо военно-технический потенциал англо-американской стороны несравнимо выше немецкого. Разве что другая сторона из каких-то политических соображений, относящихся к далекому будущему, остережется создать в Центральной Европе вакуум политической силы. Но преступность национал-социалистской системы, особенно в расовом вопросе, по всей вероятности, помешает подобному исходу. Разумеется, никто не знает, сколь быстро война придет к концу. Возможно, я недооцениваю сопротивляемость созданного Гитлером аппарата власти. Однако, чем бы все ни кончилось, мы должны думать о послевоенном будущем.

— Ты скорее всего прав, — согласился Карл Фридрих. — Видимо, я невольно поддаюсь тут одной затаенной мечте. В самом деле, насколько мы не можем желать победы для Гитлера, настолько

же не можем мы желать и полного поражения нашей страны со всеми его ужасными последствиями. Но пока есть Гитлер, мы явно не получим никакого мира, даже компромиссного. Как бы то ни было, ты прав, нам надо уже сейчас готовиться к послевоенному восстановлению.

Экспериментальная работа была относительно скоро предпринята в Лейпциге и в Берлине. Я прежде всего принял участие в исследовании свойств тяжелой воды, с большой тщательностью подготовленной Депелем в Лейпциге, но часто ездил в Берлин, чтобы знакомиться там с исследованиями в далемском Институте кайзера Вильгельма, где работали несколько моих прежних сотрудников и друзей,— помимо Карла Фридриха, прежде всего Карл Виртц.

Большим разочарованием для меня было то, что в Лейпциге я не смог привлечь Ганса Эйлера к совместной работе над урановым проектом. Причины этого следовало бы обрисовать подробнее. За те месяцы перед началом войны, когда я был в Америке, Эйлер тесно сдружился с одним из моих докторантов, финном Гренбломом. Гренблом был молодым человеком внешне необыкновенно здорового и крепкого вида, полным оптимистической веры, что мир в конечном счете хорош и что он в нем может сделать нечто хорошее. Как сын крупного финского промышленника, он сперва был, наверное, поражен тем, что так легко находит общий язык со своим новым знакомым, убежденным коммунистом. Но, поскольку человеческие качества для него были принципиально намного более существенны, чем мнения или убеждения, он принял Эйлера как есть, со всей непредвзятостью и прямотой, какая возможна среди молодых людей. Когда разразилась война, Эйлер воспринял как тяжелый удар для себя то, что Россия, заключавшая пакт о ненападении с Германией, также повела военные действия против Польши и вступила на часть ее территории. Несколько месяцев спустя, когда начались военные действия между СССР и Финляндией, Гренблом был тоже призван в свой полк и был вынужден участвовать в оборонительных боях. Эти события произвели в Эйлере глубочайшую перемену. Он стал очень молчалив, и я ощущал, что он отдалился не только от меня, но и от остальных друзей, да и от всего мира.

До того времени его не призывали к военной службе, по-видимому, по слабости здоровья. Но я боялся, что это все-таки может произойти, и однажды спросил его, не следует ли мне попытаться запросить его для работы над проблемой урана. К моему изумлению он сообщил мне, что записался добровольцем в военную авиацию. Заметив, как я расстроен этим, он начал подробно излагать мне причины своего поступка.

— Вы знаете, что я это сделал не для того, чтобы бороться за победу. Ибо, во-первых, я не верю в возможность победы Гитлера, а во-вторых, победа национал-социалистской Германии была бы для меня так же ужасна, как и победа всякого агрес-

сора. Развязный цинизм, с каким власть имущие нарушают ради своей выгоды все ими же провозглашенные принципы, не оставляет для меня больше никакой надежды. Разумеется, я не пошел в такие войска, где должен был бы убивать других людей. В частях летчиков-наблюдателей, где я буду служить, я смогу сам быть подбит, но мне не придется ни стрелять, ни бросать бомбы. Так что здесь все в порядке. Но в этом море бессмыслицы я бы совершенно не знал, что хорошего может выйти из моей работы здесь над применением атомной энергии.

— В происходящей сейчас катастрофе, — возразил я, — никто из нас не может ничего изменить, ни Вы, ни я. Но после нее жизнь будет продолжаться, здесь, и в России, и в Америке, повсюду. До того времени погибнет очень много людей, хороших и негодяев, виновных и невиновных. Но выжившие должны будут попытаться построить лучший мир. Он тоже будет не так уж исключительно хорош, и окажется, что война не решила почти ни одной проблемы. Однако мы сможем избежать кое-каких ошибок и кое-что делать лучше, чем прежде. Почему Вы не хотите в этом участвовать?

— Я не упрекаю никого, кто ставит себе такую задачу. Человек, и ранее уже готовый мириться с несовершенством мира и всегда предпочитавший всеобщему перевороту кропотливые небольшие шаги к улучшению, увидит подтверждение своей отрешенности и снова примется после войны за кропотливые небольшие усовершенствования. Но для меня все выглядит иначе. Я ведь жил надеждой на то, что коммунистическая идея сумеет в корне обновить общественную жизнь людей. Поэтому я не хочу, чтобы мне было легче, чем многим невинным людям, гибнущим на фронте, будь то в Польше, в Финляндии или где бы то ни было. Здесь, в Лейпциге, я вижу, что от военной службы освободились многие сотрудники нашего института, носящие значки национал-социалистской партии и, стало быть, виновные в этой войне все-таки больше, чем другие. Эта мысль для меня совершенно невыносима, и я хотел бы по крайней мере в том, что касается меня, остаться верен своим надеждам. Когда хочешь превратить мир в плавильную печь, то должен сам быть готов броситься в эту плавильную печь.

— Что ж, я Вас тут очень хорошо понимаю. Но если остаться при образе плавильной печи, то мы не можем надеяться, что когда расплавленный металл снова затвердеет, он сам собой примет как раз желательную нам форму. Ибо силы, формирующие его при затвердевании, зависят от желаний всех людей, а не только от одного нашего.

— Если бы у меня еще оставались какие-то надежды, я, наверное, и поступил бы по-другому. Но я так сильно ощущаю бессмысленность происходящего, что уже не могу набраться мужества для мыслей о будущем. Если Вам это удастся, я буду только рад.

Мне не удалось переубедить Эйлера. Вскоре он уехал в летнюю школу в Вену, и его письма, вначале такие же мрачные, как наша беседа, с течением месяцев делались свободнее и раскованнее. Позднее я встретил его еще раз в Вене, где мне пришлось прочесть один доклад. Эйлер пригласил меня на кружку молодого вина в открытое кафе на горе за Гринцингом. О войне он говорить не хотел. Когда мы сидели там, глядя сверху вниз на город, в каких-нибудь метрах от нас вдруг промчался самолет. Эйлер улыбнулся, это был самолет из его эскадрильи, который таким способом приветствовал нас. В конце мая 1941 года Эйлер писал мне еще раз с юга. Его эскадрилья имела задание выполнять разведывательные полеты из Греции над Критом и Эгейским морем. Письмо было написано в беззаботном веселье, для которого существовало уже только настоящее, без прошлого и будущего:

«После двух недель Греции мы забыли почти все, находящееся за пределами этого роскошного юга. Мы уже не помним даже дни недели. Мы квартируем на виллах у Элевсинской бухты и, не считая часов дежурства, наслаждаемся дивной жизнью на солнце у голубых волн. Мы раздобыли себе парусную лодку и очень развлекаемся, ходя на ней за мясом и апельсинами. Нам хотелось бы остаться здесь навсегда. Осталось уже недолго мечтать среди мраморных колонн, но здесь, среди гор и у волн, почти нет разницы между прошлым и настоящим».

Раздумывая над тем, какие изменения произошли в Гансе Эйлере, я вернулся мыслью к своей беседе с Нильсом на Зунде, и на ум мне пришла строфа той шиллеровской песни, которую мне Нильс тогда цитировал:

Тревоги жизни отброшены все.
Не зная заботы, страха,
Он скачет смело навстречу судьбе,
Что ждет не сегодня, так завтра.
А если — завтра, так дайте ж теперь
Испить драгоценного времени хмель.

Несколько недель спустя началась война с Россией. Машина Эйлера не вернулась из первого же разведывательного полета над Азовским морем. О самолете и его экипаже с тех пор не было никаких вестей. Друг Эйлера Гренблом тоже погиб, защищая свободу своей страны.

XV. ПУТЬ К НОВОМУ НАЧАЛУ (1941—1945)

К концу 1941 года физические принципы технического применения атомной энергии были для нашего «уранового клуба» в значительной мере уже ясны. Мы знали, что из природного урана и тяжелой воды можно построить атомный реактор, поставляющий энергию, и что в таком реакторе должен в качестве продукта ядерной реакции возникнуть уран-239, пригодный наравне с ураном-235 служить взрывчатым веществом для атомных бомб. Сперва, т. е. в конце 1939 года, я теоретически предполагал, что вместо тяжелой воды как замедлитель можно применить чистый углерод. Но на основании очень неточных, как потом выяснилось, замеров поглощающей способности углерода, проведенных в одном очень престижном институте, а потому нами уже не перепроверявшихся, от этого пути мы преждевременно отказались. Мы не располагали в то время никаким методом получения урана-235 в сколько-нибудь значительных количествах при имевшихся в Германии технических возможностях и в условиях экономии военного времени. Поскольку, кроме того, для получения атомного взрывчатого вещества из реакторов явно потребовалась бы эксплуатация громадных реакторов в течение нескольких лет, нам было во всяком случае ясно, что изготовление атомных бомб связано с колоссальными техническими издержками. Подытоживая, можно сказать: мы знали в то время о принципиальной возможности создания атомных бомб и располагали осуществимой методикой их изготовления, но преувеличивали необходимые для этого технические усилия. Это было очень кстати, потому что мы вполне честно могли доложить правительству о состоянии проблемы и вместе с тем определить знать, что никакая серьезная попытка создать атомную бомбу в Германии предпринято не будет. Потратить такие громадные технические средства на достижение цели, лежащей в определенном будущем, немецкое правительство в напряженной военной ситуации не имело возможности.

Тем не менее мы ощущали, что участвуем в очень опасном научно-техническом развитии, и я не раз обсуждал с Карлом Фридрихом фон Вейцеккером, Карлом Виртцем, Йенсенем и Хоутермансом вопрос о том, насколько все же оправдан взятый нами курс действий. Вспоминаю об одной беседе с Карлом Фридрихом в моей комнате в Институте физики кайзера Вильгельма в Далеме. Перед этим

от меня только что ушел Йенсен. Карл Фридрих начал, скорее всего, со следующей констатации:

— В том, что касается атомной бомбы, мы пока еще не вошли в зону прямой опасности, потому что технические затраты на нее, по-видимому, слишком велики, чтобы на них кто-то решился. Но с течением времени все может измениться. Так правильно ли мы делаем, что продолжаем тут работу? И что сделают наши друзья в Америке? Будут ли они в полную силу работать на атомную бомбу?

Я попытался вдуматься в их ситуацию:

— Психологически ситуация для физиков в Америке, особенно для эмигрантов из Германии, полностью отличается от нашей. Они, несомненно, убеждены там, что ведут борьбу за правое дело против зла, причем особенно эмигранты, гостеприимно встреченные в Америке, с полным основанием должны ощущать свой долг вложить все свои силы в правое дело Америки. Но, с другой стороны, атомная бомба, способная сразу уничтожить, возможно, сто тысяч гражданских лиц, это совсем необычное оружие. Можно ли приложить к ней старое, но сомнительное правило: «За правое дело можно бороться всеми средствами, за дурное — нет»? Выходит, для дурных целей нельзя делать атомные бомбы, а для добрых можно? И если поступать по этому принципу, к сожалению, всегда побеждавшему в мировой истории, то кто будет решать, чье дело правое, а чье злое? Здесь у нас не так уж трудно разобраться, что дело Гитлера и национал-социалистов дурно. Но во всех ли отношениях американское дело право? Разве там перестает действовать критерий, требующий судить, хорошо или плохо то или иное дело, по выбираемым средствам? Разумеется, почти всякую борьбу поневоле приходится вести и плохими средствами; но ведь есть же предел, за которым эти средства уже ничем не могут быть оправданы? В прошлом веке делались попытки посредством разного рода пактов и соглашений ограничить применение слишком дурных средств. Правда, в сегодняшней войне эти соглашения не соблюдаются ни Гитлером, ни его противниками. Тем не менее мне казалось, что и в Америке физики не будут слишком ревностно стремиться к созданию атомной бомбы. Но их может, конечно, подгонять страх того, что это сделаем первыми мы.

— Было бы хорошо, — сказал мне Карл Фридрих, — если бы ты смог как-то поговорить обо всем этом с Нильсом в Копенгагене. Для меня очень много бы значило услышать, например, что Нильс считает наши действия тут неправильными и что мы должны прекратить эту работу с ураном.

Итак, осенью 1941 года, когда у нас, похоже, уже сложилась довольно ясная картина перспектив технической разработки проблемы, мы устроили так, что я по приглашению немецкого посольства в Копенгагене прочел там научный доклад. Я использовал эту возможность для беседы с Нильсом о проблеме урана. Моя поездка, если не ошибаюсь, состоялась в октябре 1941 г. Я посетил Нильса у него

дома в Карлсберге, но затронул опасную тему лишь на вечерней прогулке, предпринятой вблизи его дома. Имея основания бояться, что за Нильсом ведется слежка с немецкой стороны, я говорил с крайними предосторожностями, чтобы позднее меня не могли поймать на каких-то слишком определенных выражениях. Я попытался намекнуть Нильсу, что сейчас имеется принципиальная возможность создания атомных бомб, что для этого требуются колоссальные технические усилия и что перед физиком встает вопрос, вправе ли он работать над этой проблемой. К сожалению, уже первые мои намеки на принципиальную возможность создания атомных бомб настолько испугали Нильса, что он уже не мог правильно воспринять самую важную в моих глазах часть моей информации, а именно мои слова о необходимости гигантских технических усилий. Мне казалось крайне важным то, что этот факт дает физику возможность еще как-то влиять на принятие решения о строительстве атомной бомбы или отказе от нее. Ибо физики в подобной ситуации могут аргументированно доказать своему правительству, что атомная бомба не сможет поступить на вооружение в течение войны; или же наоборот, они могут доказывать, что, приложив крайние усилия, ввести бомбу в действие все-таки можно. Можно было со спокойной совестью научно обосновывать оба эти взгляда, и ход войны действительно показал, что даже в Америке, где внешние предпосылки для подобной попытки были несравненно благоприятнее, чем в Германии, атомные бомбы не удалось изготовить ранее окончания войны с Германией.

Но Нильс в испуге от принципиальной возможности создания атомной бомбы уже не воспринял всей этой линии рассуждения; возможно также, что обоснованно горькие чувства по поводу оккупации его страны немецкими войсками помешали ему по-прежнему довериться взаимопониманию, связывающему ученых поверх государственных границ. Мне было очень больно видеть, сколь полной была изоляция, в которую ввергла нас, немцев, политика Германии, и осознавать, что суровая реальность войны способна на время прервать даже десятилетиями складывавшиеся человеческие отношения.

Несмотря на эту неудачу моей копенгагенской миссии, для нас, т. е. для членов «уранового клуба» в Германии, ситуация была очень простой. Правительство решило (в июне 1942 года) продолжать работы над проектом реактора лишь в скромных масштабах. Приказа попытаться построить атомную бомбу дано не было. У физиков не было со своей стороны никаких причин стремиться к пересмотру этого решения. Тем самым вся последующая работа над урановым проектом стала подготовкой к послевоенному развитию мирной атомной техники, и как таковая она принесла, несмотря на разорение в последние военные годы, даже ощутимые плоды. Пожалуй, не случайность то, что первая атомная электростанция, поставленная немецкой фирмой за рубежом, а именно в Аргентину, оборудована ядерным реактором, активная зона которого, как мы и

проектировали во время войны, состоит из природного урана и тяжелой воды.

Наши мысли тянулись поэтому к новой жизни, которая начнется после войны. В этой связи мне с особенной отчетливостью вспоминается беседа, тесно сблизившая меня с Адольфом Бутенандтом, который в то время работал как биохимик в одном из институтов кайзера Вильгельма в Далеме. Правда, мы уже не раз принимали вместе участие в регулярном коллоквиуме о пограничных проблемах биологии и атомной физики, организованном тогда в Далеме. Но более подробно нам удалось поговорить лишь ночью 1 марта 1943 г., когда после воздушного налета нам пришлось вместе идти в Далем из центра Берлина.

Мы участвовали в заседании Аэронавигационной академии, состоявшемся в здании министерства аэронавигации у Потсдамер-платц. Хуберт Шардин читал доклад о физиологическом воздействии современных бомб и указал среди прочего на то, что смерть от закупорки дыхательных органов воздушной волной, могущая наступить при взрывах большой силы в непосредственной близости от них вследствие внезапного повышения атмосферного давления, сравнительно легка и безболезненна. К концу заседания была объявлена воздушная тревога, и мы скрылись в бомбоубежище министерства, очень удобно оборудованном, с казарменными койками и соломенными матрацами. Мы впервые пережили по-настоящему сильный воздушный налет. Несколько бомб попало в здание министерства, мы слышали, как обрушиваются стены и потолки, и какое-то время не знали, цел ли еще проход, соединявший наш подвал с внешним миром. Вскоре после начала налета электричество в бомбоубежище погасло, помещение лишь изредка слабо освещалось карманными фонарями. Потом внесли стонущую женщину, и два санитаря оказали ей первую помощь. Вначале еще разговаривали и даже иногда смеялись, но когда бомбы стали все чаще падать в непосредственной близости, стало тише, и настроение заметно упало. После двух тяжелых взрывов, перепад атмосферного давления от которых очень явственно ощущался в нашем подвале, из одного угла вдруг послышался голос Отто Гана: «Этот Шардин, мошенник, теперь уж не верит в свою собственную теорию». От этих слов к нам отчасти вернулось душевное равновесие.

После окончания налета мы как-то сумели выкарабкаться из хаоса бетонных балок и изогнутых стальных прутьев на свежий воздух. Там нам предстало фантастическое зрелище. Вся площадь перед министерством была ярко освещена красным светом от пламени, широко охватившего стропила и верхние этажи прилегающих зданий. В некоторых местах огонь уже пробил себе дорогу до нижнего этажа, и на улицах кое-где были горящие лужи, по-видимому, от сброшенных самолетами фосфорных канистр. Площадь кишела людьми, спешившими домой подальше от опасного места, но было очевидно, что никаких средств сообщения, способных взять на себя их перевозку до пригородов, нет в наличии.

Мы с Бутенандтом вместе выбирались по полуразрушенному коридору наружу и решили идти к себе домой на Фихтеберг и в Далем, тоже по возможности вместе. Вначале мы надеялись, что налетом затронут только центр города и что кварталы одноэтажных особняков, где жили мы, пощажены. Но насколько достигал взор, по обе стороны протянувшейся на километры Потсдамерштрассе висели гирлянды пламени. В нескольких местах можно было видеть работающие пожарные машины, однако их усилия выглядели скорее смешно и нелепо.

Даже при быстрой ходьбе путь от Потсдамерплатц до Далема не мог занять у нас менее полутора-двух часов, поэтому завязался долгий разговор: не о военной ситуации, которая была слишком очевидной, чтобы еще требовать обсуждения, а о надеждах и планах на послевоенное время. Бутенандт поставил мне вопрос:

— Что Вы, собственно, думаете о возможности еще как-то заниматься в Германии научной работой после войны? Многие институты будут к тому времени разрушены, многие прекрасные молодые ученые погибнут, а всеобщая нужда сделает для большинства людей насущными другие проблемы, чем развитие науки. А, с другой стороны, возрождение научных исследований в Германии отнесится, наверное, к числу важнейших предпосылок долгосрочной стабилизации нашей экономики и нашего разумного подключения к европейскому сообществу.

— Мне кажется, можно надеяться, — отвечал я, — что немцы вспомнят о восстановлении после первой мировой войны, которому чрезвычайно способствовало взаимодействие науки и техники, например в химической и оптической промышленности. Наши соотечественники, наверное, быстро осознают, что без успешного научного исследования мы не можем участвовать в современной жизни, и, возможно, именно ситуация в атомной физике поможет им понять, что пренебрежение фундаментальными научными исследованиями в условиях нынешнего режима стало одной из причин катастрофы или по крайней мере явилось ее симптомом.

Но я должен признаться, что мне такого понимания кажется мало. Корень зла все-таки явно лежит намного глубже. То, что мы сейчас видим перед собой, это закономерный конец того мифа о сумерках богов, той философии «все или ничего», которая в очередной раз завладевает немецким народом. Вера в фюрера, в героя и освободителя, который через опасности и беды приведет немецкий народ в лучший мир, где мы избавимся от всяких внешних тягот, или который при враждебном повороте судьбы решительно встретит конец света, — эта ужасная вера, и связанная с ней претензия на абсолютность губит все в корне. Она подменяет действительность гигантской иллюзией и делает невозможным никакое взаимопонимание с народами, среди которых мы живем. Я поэтому лучше бы поставил вопрос так: когда эта иллюзия будет окончательно и безжалостно разрушена действительностью, не смогут ли занятия научкой стать для нас путем к более трезвому и критическому суждению о

мире и о нашем собственном положении в нем? Словом, я больше думаю о воспитательной, чем об экономической стороне науки; о том, что она может стать школой критической мысли. Разумеется, число людей, действительно способных активно работать в науке, не слишком велико. Однако представители науки всегда пользовались в Германии большим почетом, их выслушивали, и их образ мысли всегда оказывал воздействие на гораздо более широкие круги.

— Воспитание рационального мышления, — подтвердил Бутенандт, — это действительно главное, и одной из наших первых послевоенных задач будет восстановление значимости этого образа мысли. Собственно говоря, уже пережитые нами четыре года войны должны были бы открыть людям глаза на действительность, например на то, что вера в фюрера не заменит источников сырья, не восполнит словно по волшебству упущенного научного и технического развития. Одного взгляда на глобус, на громадные территории, занимаемые Соединенными Штатами, Англией и Советским Союзом, и на крошечную область, занимаемую на Земле немецким народом, хватило бы, чтобы заранее отпугнуть от взятого ныне политического курса. Но трезвое логическое мышление дается нам с трудом. У нас, конечно, есть достаточное число интеллигентных людей, но как народ, мы склонны тонуть в мечтаниях, ценить фантазию выше интеллекта и приписывать чувствам большую глубину, чем мысли. Так что настоятельно необходимо снова повысить престиж научной мысли, и поэтому едва ли должна помешать послевоенная нужда.

Мы все еще брели между горящими фасадами вдоль Потсдамерштрассе и ее продолжений: Хауптштрассе, Рейнштрассе, Шлосштрассе. Нам часто приходилось обходить штабеля горящих или тлеющих балок, остатки сброшенных на улицу стропил. Иногда нас задерживали ограждения, предупреждавшие о бомбах замедленного действия. Еще одна задержка случилась, когда загорелся мой правый ботинок, потому что я неловко наступил на фосфорную лужу. К счастью, я быстро нашел поблизости воду, в которой его загасил.

— Мы, немцы, — продолжал я беседу, — часто воспринимаем логику и непреложные закономерные факты — а ведь то, что мы сейчас видим перед собой, все-таки тоже факт — как своего рода насилия, род угнетения, которому мы подчиняемся лишь с большой неохотой. Мы думаем, что свобода есть только там, где можно ускользнуть от этого насилия, т. е. в области фантазии, мечты, пьяного утопического порыва. Мы надеемся, что вот-вот создадим, наконец, то абсолютное совершенство, которое манит нас и которое всегда побуждало нас к высшим достижениям, например в искусстве. Но мы не задумываемся о том, что для его осуществления надо подчиниться диктату закономерности. Ибо действительно лишь то, что действительно, а всякое действие покоится на закономерной связи фактов или мыслей.

Но даже с учетом этой странной немецкой склонности к мечте и мистике я все равно не могу постичь, почему многие наши соотечественники находят таким разочарывающим научное мышление, ко-

торое ведь только кажется сухим. Ведь совершенно неверно, будто в науке есть только логическое мышление, понимание и применение жестких природных законов. На деле фантазия в науке, и не в последнюю очередь в науке о природе, играет решающую роль. Ибо если даже для собирания фактов нужна трезвая, тщательная экспериментальная работа, то упорядочить факты удастся только тогда, когда человек умеет скорее вчувствоваться, чем вдуматься в явления. Возможно даже, что именно здесь перед нами, немцами, стоит особая задача как раз потому, что абсолюту обладает для нас такой притягательной силой. Вне Германии широко распространен прагматический образ мысли, и мы знаем из современности и из истории — достаточно вспомнить о древнеегипетском, древнеримском, англосаксонском мире, — сколь успешным этот образ мысли может быть в технике, в экономике и в политике. Но в науке и в искусстве образ мысли, восходящий к первоначалам вещей, известный нам в своей наиболее величественной форме по Древней Греции, показал все-таки еще большую плодотворность. Если в Германии возникли научные и художественные творения, изменившие мир, — здесь можно вспомнить Гегеля и Маркса, Планка и Эйнштейна или в музыке Баха и Шуберта, — то это стало возможным только благодаря нашей тяге к абсолюту, благодаря нашей привычке к принципиальной и до конца последовательной мысли. Словом, только когда стремление к абсолюту подчиняется диктату формы, в науке — трезвой логике, а в музыке — правилам гармонии и контрапункта, только тогда, только при крайнем напряжении этих противоположных начал оно может развернуть свою подлинную силу. Как только оно ломает эти формы, начинается хаос вроде того, какой мы сейчас видим перед глазами; и я совсем не склонен возвеличивать этот хаос такими понятиями, как сумерки богов или конец света.

Между тем мой правый ботинок снова начал гореть, и потребовалось некоторое время, чтобы погасить его, а потом основательно очистить от фосфорной жидкости. Бутенандт сказал в ответ на мои слова:

— Будет уже хорошо, если мы станем заботиться о фактически данной реальности. В отношении более позднего времени надо надеяться, что после войны в Германии найдутся и политики, которые, используя действующее в рамках фактов воображение немецкого народа, сумеют вновь создать сколько-нибудь сносные условия жизни. Что касается науки, то я считаю, что Общество кайзера Вильгельма может явиться хорошей исходной основой для восстановления научных исследований в Германии. Университетам в гораздо меньшей мере удалось избежать политического вмешательства, чем Обществу кайзера Вильгельма. У них будет поэтому намного больше трудностей. Хотя во время войны нашему Обществу пришлось пойти на известные компромиссы, участвуя в проектах, связанных с вооружением, зато многие его работники состоят в дружеских отношениях с зарубежными учеными, которые способны верно оценить значение трезвого, ответственного мышления в Германии и в своих собственных

странах и потому будут готовы посылить помочь. Видите ли Вы в Вашей науке базу для мирного международного сотрудничества после войны?

— Несомненно, возникнет мирная атомная техника,— отвечал я,— т. е. применение энергии атомного ядра благодаря открытому Отто Ганом процессу расщепления урана. Поскольку можно надеяться, что его прямое военное применение уже явно не будет играть в этой войне никакой роли из-за громадности необходимых для этого технических затрат, то вполне можно представить себе и какое-то международное сотрудничество в этой области. В конце концов, именно Ган своим открытием сделал решающий шаг к атомной технике, а атомные физики, собственно, всегда дружески сотрудничали поверх национальных границ.

— Что ж, посмотрим, как все сложится после войны. Во всяком случае, нам в Обществе кайзера Вильгельма надо держаться очень сплоченно.

На том мы расстались, потому что путь Бутенандта лежал в Далем, а мой — на Фихтеберг, где я на некоторое время остановился у родителей Элизабет. Незадолго до того я привез в Берлин двух своих старших детей, они должны были спустя несколько дней поздравить своего дедушку с днем рождения, так что я был теперь в большой тревоге о том, как они и родители пережили воздушный налет. Моя надежда, что по крайней мере Фихтеберг не будет затронут разрушением, не оправдалась. Уже издали я заметил, что дом соседа весь охвачен огнем и что из крыши нашего дома тоже вырывается пламя. Пробегая мимо дома соседа, я услышал крики о помощи. Но сперва я должен был позаботиться о детях и опекавших их стариках. Наш дом был сильно поврежден, двери и оконные рамы были выбиты воздушной волной, и к своему смятению я нашел дом и бомбоубежище пустыми. В конце концов я отыскал на чердаке мужественную мать моей жены, которая в стальной каске, защищавшей ее от падающей черепицы, боролась с огнем. От нее я узнал, что наши дети отведены в относительно неповрежденный дом одного из соседей за ботаническим садом и мирно спят там под присмотром владельцев дома, министра Шмидта-Отта и его жены. Да и в нашем доме главная противопожарная работа была уже выполнена, и достаточно было выбить еще несколько стропил, чтобы обезопасить себя от дальнейшего распространения огня.

Только тогда я поспешил на призывы о помощи, доносившиеся из горящего дома соседа. Стропильная ферма на нем уже почти рухнула, ее дымящиеся балки валялись по саду и затрудняли доступ. Весь верхний этаж был охвачен ярким пламенем. На нижнем этаже я увидел молодую женщину, кричавшую о помощи, и узнал от нее, что ее старый отец продолжает стоять на бывшем чердаке, обороняясь от наступающего на него со всех сторон огня с помощью воды, которую он наливает в ведро из еще функционирующего водопровода; но лестничная клетка уже сгорела, и неизвестно, как

его еще можно спасти. К счастью, я успел натянуть на себя для борьбы с пожаром старый, тесно прилегающий тренировочный костюм вместо пиджака и располагал поэтому свободой движений. Я сумел вскарабкаться на высоту чердачного этажа и за стеной огня увидел пожилого господина с белыми волосами, который уже почти бессознательно плескал воду в сужающееся вокруг него кольцо пламени. Прыгнув сквозь стену огня, я оказался рядом с ним. Он вздрогнул, совершенно неожиданно увидев вдруг незнакомого, измазанного сажей человека, но тут же принял прямую позу, отставил ведро в сторону, вежливо поклонился и сказал: «Меня зовут фон Энслин; буду очень благодарен Вам за любезную помощь». Это было опять старое пруссачество, дисциплина, порядок и немногословие, так меня всегда поражавшие. На какой-то момент в моей голове промелькнула беседа с Нильсом на берегу Зунда, когда Нильс сравнивал пруссаков со старыми викингами; а потом лаконическая депеша одного прусского офицера, которому пришлось сражаться в безнадежных обстоятельствах: «Ручаюсь за выполнение долга до последнего». Но у меня уже не было времени для раздумий о силе старых идеалов. Тем же путем, каким я пришел, мне удалось отвести старика в безопасное место.

Несколькими неделями позже наша семья, как мы и планировали до войны, переселилась из Лейпцига в Урфельд на озеро Вальхензее. Мы хотели по возможности уберечь детей от хаоса воздушных налетов. Наш Институт физики кайзера Вильгельма в Далеме тоже получил задание подыскать себе запасную резиденцию в менее угрожаемой области. На одной текстильной фабрике в маленьком городке Хехингене в Южном Вюртемберге оказалось достаточно свободного места, чтобы нас принять. И мы постепенно перевели наше лабораторное оборудование и наш штатный состав в Хехинген.

Из хаотических событий последних лет войны у меня в памяти явственно сохранились лишь отдельные картины. Они принадлежат к тому фону, на котором позднее сложились мои мнения по общим политическим вопросам, поэтому в кратких чертах надо о них упомянуть.

К наиболее светлым сторонам моей жизни в Берлине относились вечерние собрания так называемого «Общества, собирающегося по средам», в составе которого числились генерал-полковник Бек, министр Попитц, хирург Зауэрбрух, посол фон Хассель, Эдуард Шпрангер, Йессен, Шуленбург и другие. Вспоминаю об одной такой среде у Зауэрбруха, который после своего научного доклада об операциях на легких предложил нам совершенно королевский по тем временам ужин с прекрасным вином, так что в конце его господин фон Хассель встал на стол и пел студенческие песни; помню и о последнем вечере этого общества в июле 1944 года, когда я пригласил его участников в Дом Гарнака. Все послеобеденное время я собирал малину в саду своего института, руководство Дома Гарнака выделило немного молока и вина, так что я мог потчевать своих гостей по крайней мере скромным ужином. Потом я сделал доклад об

атомной энергии в звездах и о ее техническом использовании на Земле, насколько позволяла засекреченность темы. В дискуссии приняли участие главным образом Бек и Шпрангер. Бек сразу сделал вывод, что отныне должна измениться вся прежняя военная наука, а Шпрангер сформулировал давно появившуюся у нас, физиков, мысль о том, что развитие атомной физики способно вызвать изменения в образе мысли людей и глубоко повлиять на социальные и философские структуры.

19 июля я еще привез протокол заседания к Попитцу, а потом ночью отправился поездом в Мюнхен и Кохель. Оттуда мне пришлось идти пешком еще 2 часа, чтобы добраться до Урфельда. По пути я встретил солдата, который толкал свою поклажу на тележке, поднимаясь на Кессельберг. Я положил к нему свой тяжелый чемодан и помог тащить. Солдат рассказал мне, что он только что слышал по радио о покушении на Гитлера. Гитлер лишь слегка ранен, но в Берлине произошел бунт в верхушке вермахта. Я осторожно спросил его, что он имеет в виду. Он ответил лишь: «Там сразу задавят, как что шевельнется». Спустя несколько часов я сидел в Урфельде перед радиоприемником и слушал, что генерал-полковник Бек убит в военном управлении на Бендлерштрассе. Попитц, Хассель, Шуленбург, Йессен были названы как соучастники заговора, и я знал, что это должно означать. Рейхвейн, приходивший ко мне в Дом Гарнака еще в начале июля, был тоже арестован.

Через несколько дней я выехал в Хехинген, где собралась уже преобладающая часть моего берлинского института. Мы предпринимали там очередную попытку построить атомный реактор в подвале, который был вырыт в горе под церковью замка у живописного городка Хайгерлоха и давал хорошую защиту от всех воздушных налетов. Регулярные велосипедные поездки между Хехингеном и Хайгерлохом, крестьянские сады, леса, где мы собирали по выходным дням грибы,— все это было так же захватывающе живо, как волны в Элевсинской бухте для Ганса Эйлера несколько лет назад, и мы долгие дни позабывали о прошлом и будущем. Когда в апреле 1945 г. зацвели фруктовые сады, война стала подходить к своему концу. Я условился со своими сотрудниками, что, когда институту и его служащим уже не будет грозить никакая непосредственная опасность, я на велосипеде уеду из Хехингена, чтобы при вступлении иностранных войск помочь своей семье в Урфельде.

В середине апреля последние остатки немецких войск прошли через Хехинген на восток. Однажды после обеда мы услышали первые французские танки. На юге они уже обошли Хехинген и проникли до гребня Рауэнской Юры. Похоже было на то, что подошло время моего отъезда. Около полуночи Карл Фридрих вернулся из Рейтлингена, куда он ездил на велосипеде, чтобы разведать ситуацию. После краткой церемонии прощания в бомбоубежище института около трех часов утра я отправился в направлении Урфельда. Когда в рассветных сумерках я добрался до Гаммертингена, линия фронта была, по всей видимости, уже позади меня. Мне приходилось только время от вре-

мени укрываться от низколетящих самолетов. В следующие два дня я из-за этой угрозы ехал большей частью ночью; днями я пытался поддержать свои силы, отдыхая и раздобывая какую-то еду. Вспоминаю холм у Кругцелля, где я захотел поспать после еды, пригреваемый великолепным ярким солнцем, под прикрытием живой изгороди. Под безоблачным небом передо мной простиралась целая альпийская горная цепь, Хохфогель, Меделегабель и все горы, которые я облазил горным стрелком семь лет назад; а внизу цвели вишневые сады. Весна уже по-настоящему началась, и мои быстроразбредующиеся мысли обратились к светлому будущему, пока я, наконец, не заснул.

Спустя несколько часов я проснулся от громоподобного шума и увидел вдали над городком Меммингеном плотное облако дыма. Там был нанесен массированный бомбовый удар по району казарм. Война, стало быть, еще продолжалась, и мне надо было спешить на восток. На третий день я приехал в Урфельд и нашел родных целыми и невредимыми. Последующая неделя ушла на подготовку к окончанию войны. Окна подвала были заложены мешками с песком, все съестные припасы, какие можно было достать, пришлось снести в дом. Соседние дома были пусты, потому что их обитатели бежали на противоположный берег озера. В лесу бродили отбившиеся от своих частей солдаты и подразделения СС, а главное, валялось огромное количество брошенной амуниции, что заставляло меня бояться за детей. Днем приходилось избегать разнообразных опасностей, потому что время от времени стреляли, а ночи в нашем доме, стоявшем в ничейной полосе, были полны жуткого напряжения. Когда 4 мая американский полковник Пэш с несколькими солдатами ворвался в наш дом, чтобы взять меня в плен, у меня было чувство смертельно истощенного пловца, который впервые снова вступает ногой на твердую землю.

Накануне ночью еще выпал снег, но в день моего отъезда весеннее солнце сияло из темно-голубого неба, и заснеженный ландшафт тонул в его ярком сияющем свете. Я спросил одного из моих американских охранников, воевавшего уже во многих частях света, как ему нравится наше горное озеро, и он ответил, что это прекраснейший уголок земли, какой ему довелось до сих пор видеть.

XVI. ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ (1945—1950)

Мой плен после нескольких кратких пребываний в Гейдельберге, Париже и Бельгии свел меня в конце концов в имении Фарм-Холл на долгое время с несколькими старыми друзьями и более молодыми сотрудниками нашего «уранового клуба». Среди них были Отто Ган, Макс фон Лауэ, Вальтер Герлах, Карл Фридрих фон Вейцеккер, Карл Виртц. Усадьба Фарм-Холл расположена на краю деревни Годманчестер всего лишь в 25 милях от старинного университетского города Кембриджа в Англии. Местность была мне знакома по прежним посещениям Кавендишской лаборатории. Здесь, в кружке из десяти пленных атомных физиков, Отто Ган благодаря притягательной силе своей личности и спокойному благоразумному поведению в трудных ситуациях заслужил всеобщее доверие в нашей маленькой группе. Так, он вел переговоры с нашими охранниками, когда это представлялось необходимым; хотя, собственно говоря, проблемы возникали очень редко, потому что опекавшие нас офицеры исполняли свою задачу с необыкновенным тактом и гуманностью, так что вскоре между нами установились отношения полного доверия. Нас лишь немного расспрашивали о наших работах над проблемой атомной энергии, и мы ощущали некоторое противоречие между малым интересом к нашей работе и необычно тщательной заботой, с какой за нами следили, предохраняя от всякого соприкосновения с внешним миром. На мои встречные вопросы о том, не занимались ли проблемой урана за время войны также в Америке и Англии, от допрашивавших нас американских физиков я неизменно получал только тот ответ, что там дело обстояло иначе, чем у нас, и физики были вынуждены взяться за задачи, имевшие более непосредственное отношение к ведению войны. Это звучало довольно правдоподобно, потому что действительно за все время войны никакие результаты американских работ по расщеплению ядра не опубликовались.

После обеда 6 августа 1945 года ко мне вдруг вошел Карл Виртц и сказал о только что объявленном по радио сообщении, согласно которому на японский город Хиросиму сброшена атомная бомба. Сначала я не хотел верить этому известию; я достоверно знал, что для изготовления атомной бомбы нужны совершенно невероятные технические затраты, могущие достичь многих миллиардов долларов. Кроме того, я находил психологически маловероятным, чтобы столь хорошо известные мне атомные физики в Америке

могли вложить все свои силы в подобный проект, и я был поэтому склонен верить скорее допрашивавшим меня американским физикам, чем радиокомментатору, у которого, возможно, была задача распространить пропаганду определенного рода. Кроме того, как мне сказали, слово «уран» в сообщении не упоминалось. Было очень похоже на то, что за словами «атомная бомба» скрывалось нечто иное. Лишь вечером, когда радиокомментатор описал громадные технические усилия, вложенные в бомбу, мне пришлось признать тот факт, что успехи атомной физики, которую я жил в течение 25 лет, теперь оказались причиной гибели более чем ста тысяч человек.

Понятно, что всех больше был поражен Отто Ган. Расщепление урана было его самым значительным научным открытием, оно явилось решающим и никем не предвиденным шагом в атомной технике. И вот теперь этот шаг уготовил ужасный конец целому большому городу с его населением, безоружными людьми, большинство которых чувствовало себя невиновными в войне. Потрясенный и разбитый, Ган ушел в свою комнату, и мы серьезно опасались, что он что-то сделает с собой. В охватившем нас возбуждении мы, остальные, сказали в тот вечер, возможно, много непродуманных слов. Лишь на следующий день нам удалось привести в порядок свои мысли и подробно разобрать происшедшее.

За нашей усадьбой Фарм-Холл, старинной постройкой из красного кирпича, располагалась запущенная лужайка, на которой мы обычно играли в итальянскую лапту. Между этой лужайкой и увитой плющом стеной, отделявшей наш земельный участок от соседнего сада, была еще продолговатая клумба с кустами роз, за которой преимущественно ухаживал Герлах. Для нас, пленных, обход этой клумбы играл примерно такую же роль, как ходьба по кругу в средневековых монастырях. Это было подходящее место для серьезных разговоров по-двое. Наутро после страшного сообщения мы с Карлом Фридрихом долго ходили там взад и вперед, раздумывая и беседуя. Разговор начался с выражения беспокойства за Отто Гана, и Карл Фридрих, помнится, первым поставил трудный вопрос:

— Легко можно понять, что Отто Ган находится в отчаянии, ведь его крупнейшее научное открытие теперь запятнано клеймом невообразимой катастрофы. Но есть ли все-таки у него основание чувствовать себя виновным? Разве у него больше причин для этого, чем у любого из нас, тоже работавших в атомной физике? Может быть, мы все виноваты в этом несчастье? В чем тогда заключается наша вина?

Я не считаю, — попытался я найти ответ, — что имеет смысл употреблять здесь слово «вина», пусть даже все мы в той или иной мере связаны той причинной цепью, которая привела к этой великой трагедии. Отто Ган и все мы принимали участие в развитии современного естествознания. Это развитие — жизненный прогресс, на который человечество, по крайней мере та его часть, которая проживает в Европе, решилось или, если хотите воспользоваться более осторожной формулировкой, в который оно включилось уже сотни лет

назад. Из опыта мы знаем, что этот процесс способен вести и к добру, и к злу. Однако мы были убеждены — особенно благодаря вере в прогресс, распространившейся в XIX веке, — что с ростом познаний добро возьмет верх и что возможные дурные последствия удастся взять под контроль. О реальности атомной бомбы до открытия Гана не мог серьезно думать ни Ган, ни кто-либо из нас, поскольку тогдашняя физика не открывала подобных перспектив. Участие в этом жизненном процессе развития науки не может рассматриваться как вина.

— Естественно, теперь появятся радикальные умы, — продолжал беседу Карл Фридрих, — которые станут утверждать, что впредь следует отказаться от развития науки, поскольку оно может приводить к подобным катастрофам, и что существуют более важные задачи социального, экономического и политического порядка, чем прогресс естествознания. Здесь они могут оказаться даже правы. Но тот, кто так думает, не учитывает, что в сегодняшнем мире человеческая жизнь все более зависит от развития науки. Если бы произошел решительный отказ от постоянного расширения познаний, то за короткое время число людей на Земле резко сократилось бы. А ведь подобное сокращение неизбежно связано с катастрофами, вполне сравнимыми с атомной бомбой или даже еще худшими.

Кроме того, знание, как известно, сила. И поскольку на Земле идет борьба за силу — чему пока не видно конца, — обязательно будет идти борьба и за знание. Возможно, через много лет, когда возникнет нечто вроде мирового правительства, а стало быть сосредоточенный вокруг единой основы и, надо надеяться, максимально свободный порядок вещей на Земле, стремление к расширению знания ослабнет. Но сейчас наша проблема в другом. Пока еще развитие науки неотъемлемо от жизненного процесса человечества, и поэтому отдельный человек, способствующий такому развитию, не может быть виноват в нем. Задача поэтому, как и прежде, остается в том, чтобы направлять к лучшему процесс этого развития, использовать расширение знаний лишь для блага человека, а не тормозить научное развитие как таковое. Вопрос стоит так: что может каждый отдельный человек для этого сделать? Какие обязанности встают перед тем, кто деятельно участвует в исследовании?

— Если рассматривать развитие науки как исторический процесс, совершающийся в мировом масштабе, то твой вопрос возрождает старую проблему о роли индивида в мировой истории. Несомненно, и здесь нам тоже придется допустить, что индивиды, собственно, в значительной мере взаимозаменяемы. Если бы Эйнштейн не открыл теорию относительности, ее раньше или позже сформулировал бы кто-либо другой, возможно, Пуанкаре или Лоренц. Если бы Ган не обнаружил расщепления урана, то, вероятно, чуть позже на это явление натолкнулись бы Ферми или Жолио. По-моему, мы не умаляем огромных заслуг отдельной личности, высказывая подобные суждения. Поэтому мы не вправе вменять индивиду, реально совершающему тот или иной решающий шаг, большую ответствен-

ность за последствия этого шага, чем всем другим, которые, по-видимому, тоже могли бы совершить его. Историческое развитие ставит данного индивида на решающее место, и ему остается только выполнить заданную ему задачу; больше ничего. Возможно, он достигнет тем самым большего влияния на дальнейшее использование своего открытия, чем другие. В самом деле, даже в Германии при всяком удобном случае Ган высказывался за применение расщепления урана лишь в мирной атомной технике, идею военного применения он всегда отвергал и осуждал. Но ясно, что на развитие дел в Америке он никакого влияния оказать не мог.

— Здесь, по-видимому, придется, — развил эти мысли Карл Фридрих, — провести принципиальное разграничение между открывателем и изобретателем. Как правило, открыватель до совершения открытия не может знать ничего о возможностях его применения, и даже потом путь к его практическому внедрению может оказаться столь долог, что никакие предсказания будут невозможны. Так, например, Гальвани и Вольта не могли составить себе никакого представления о позднейшей электротехнике. Поэтому на них не ложилось и никакой ответственности за полезность или опасность последующего развития. Однако в отношении изобретателя дело, как правило, обстоит иначе. Изобретатель — буду впредь применять это слово в таком смысле — всегда имеет в виду определенную практическую цель. Он должен быть уверен, что достижение этой цели представляет определенную ценность, и на него с полным правом можно было бы возложить ответственность за изобретение. При всем том именно в отношении изобретателя совершенно ясно, что он действует, собственно, не как индивидуальная личность, а выполняет заказ крупной человеческой общности. Скажем, изобретатель телефона знал, что человеческое общество считает быструю коммуникацию желательной. Изобретатель огнестрельного оружия тоже действовал по заданию воинственной власти, которая хотела увеличить свою боевую мощь. Ясно поэтому, что индивида можно объявить ответственным лишь отчасти. Кроме того, ни отдельная личность, ни общество в целом не в состоянии действительно обозреть все позднейшие последствия изобретения. Например, химик, изобретающий состав, с помощью которого можно предохранить важные сельскохозяйственные культуры от вредителей, по существу, не лучше владельца или управляющего обработанных сельскохозяйственных площадей способен заранее рассчитать, какие итоговые последствия будет иметь изменение мира насекомых в данной местности. Таким образом, перед отдельным человеком можно поставить лишь то требование, чтобы он понимал цель своей деятельности внутри мировой взаимосвязи, чтобы ради интересов той или иной малой группы он необдуманно не подвергал опасности другие, намного более обширные сообщества. Словом, в сущности требуется лишь тщательный и добросовестный учет общей связи, в которой совершается научно-технический прогресс. Эту связь следует полностью учитывать и в тех случаях, когда она не идет непосредственно навстречу собственным

интересам изобретателя или заинтересованной в изобретении социальной группы.

— Разграничивая таким образом открытие и изобретение, куда ты относишь это новейшее и ужаснейшее произведение технического прогресса — атомную бомбу?

— Эксперимент Гана, расщепившего атомное ядро, был открытием, изготовление бомбы — изобретением. Поэтому сказанное мною об изобретателе непосредственно относится к атомным физикам в Америке, сконструировавшим бомбу. Они действовали, исходя не из своих собственных исследовательских интересов, но по явному или предполагаемому заказу ведущего войну человеческого общества, которое поневоле желало максимального усиления своей боевой мощи. Ты как-то недавно сказал, что уже по психологическим соображениям не мог бы себе представить, чтобы американские атомные физики всеми силами стремились к изготовлению атомной бомбы. Вчера ты тоже не хотел вначале верить в атомную бомбу. Как ты себе теперь объясняешь происшедшее в Америке?

— Вероятно, в начале войны физики там действительно боялись, что в Германии попытаются изготовить атомную бомбу. Это понятно; ведь расщепление урана было открыто в Германии Ганом, и атомная физика у нас, до изгнания Гитлером многих прекрасных физиков, была на высоком уровне. Победа Гитлера с помощью атомной бомбы представлялась столь чудовищной опасностью, что для предотвращения этой катастрофы казалось оправданным и такое средство, как собственная атомная бомба. Я не знаю, что тут можно возразить, особенно если подумать о том, что в действительности происходило в национал-социалистских концентрационных лагерях. После окончания войны с Германией многие физики в Америке, надо думать, предостерегали от применения этого оружия, но к тому времени они уже не располагали решающим влиянием. Здесь критиковать нам тоже не пристало. Ведь не смогли же мы помешать тем ужасным вещам, которые делало наше правительство. То обстоятельство, что мы не знали их размаха, не извиняет нас, потому что мы могли бы по крайней мере приложить больше усилий к тому, чтобы об этом узнать.

Ужасно во всем этом рассуждении то, что понимаешь, в сколь огромной мере все неизбежно. Понимаешь, что в мировой истории неизменно практикуется принцип: за доброе дело можно бороться всеми средствами, за плохое — нельзя. Или в еще более коварной форме: цель освящает средства. Но что можно было бы потивопоставить такому рассуждению?

— Мы вот говорили о том, — отмечал Карл Фридрих, — что от изобретателя можно требовать, чтобы он видел свою цель в рамках общей картины технического прогресса на Земле. Попробуем разобрать, что здесь получается. В первый момент после таких катастроф выступают в большом количестве вполне благовидные соображения. Говорится, например, что благодаря применению атомной бомбы война окончена быстрей. Возможно, в целом число жертв ока-

залось бы больше, если бы война еще долгое время продолжалась без применения этого оружия. По-моему, ты сам вчера приводил этот довод. Однако подобные расчеты совершенно неудовлетворительны потому, что никто не знает отдаленных политических последствий катастрофы. Не закладываются ли ввиду возникающего ожесточения основы для новых войн, которые потребуют еще более громадных жертв? Не изменяется ли вследствие появления нового оружия равновесие сил, которое позже, когда этим оружием будут обладать все великие державы, непременно потребует для своего восстановления губительных столкновений? Никто не может предсказать подобные события, так что я не вижу смысла в подобных рассуждениях. Я предпочел бы подойти с другой стороны, о которой мы тоже отчасти говорили: только выбор средств решает, является ли то или иное дело добрым или дурным. Нельзя ли применить это правило и в нашем случае?

Я попытался развить эту мысль несколько подробнее. «Научно-технический прогресс будет иметь своим неизменным последствием то, что независимые политические системы на Земле будут становиться все крупнее, а их число — все меньше и что в конечном счете история тяготеет к упрочению некоего централизованного порядка, позволяющего лишь надеяться на то, что он все-таки еще оставит достаточно свободы для отдельного индивида и для отдельного народа. Развитие событий в данном направлении представляется мне совершенно неизбежным, и вопрос, собственно, лишь в том, много ли еще катастроф произойдет на пути к этому упорядоченному конечному состоянию. Можно также предполагать, что немногие великие державы, которые будут еще существовать после этой войны, будут пытаться максимально расширить сферу своего влияния. Это может произойти, по сути дела, лишь путем заключения союзов, которые будут возникать благодаря сходству социальных структур, общности мировоззрений, а также и благодаря экономическому и политическому давлению. Там, где вне непосредственной сферы влияния той или иной великой державы более слабые группы находятся под угрозой или угнетением более сильных, великие державы склонны поддерживать слабейших с целью изменить равновесие сил в пользу этих слабейших и таким образом в конечном счете упрочить собственное влияние. В этом смысле, пожалуй, можно истолковать и вмешательство Америки в обе мировые войны. Я предполагаю, что и дальнейшие события будут развиваться в том же направлении, и не вижу причин испытывать в этой связи внутренний протест. Естественно, против великих держав, проводящих подобную экспансионистскую политику, будет выдвигаться упрек в империализме. Но именно в данном пункте решающим для меня представляется вопрос о выборе средств. Великая держава, которая лишь с большой осторожностью распространяет свое влияние и которая применяет лишь экономические и культурно-политические средства, избегая всякого подобия грубого, насильственного вмешательства во внутреннюю жизнь соответствующих народов, будет

гораздо менее подставлять себя такому упреку, чем другая, применяющая насилие. Структуры порядка в сфере влияния великой державы, использующей лишь оправданные средства, будут скорее всего признаны в качестве прообразов структур будущего единого мирового порядка.

И вот именно Соединенные Штаты Америки рассматриваются многими как оплот свободы, как та социальная структура, в рамках которой отдельная личность обладает наиболее широкими возможностями для свободного развития. Тот факт, что в Америке допускается свободное выражение любого мнения, что инициатива отдельных индивидов там часто важнее, чем государственное распоряжение, что отдельная личность уважается, что, в частности, с военнопленными американцы обращаются лучше, чем другие страны,— все это и еще многое другое побудило у многих людей надежду, что внутренняя структура Америки может явиться чем-то вроде прообраза для будущей внутренней структуры мира. Следовало бы подумать об этой надежде, когда обсуждалось решение о том, надо ли сбросить атомную бомбу на Японию. Я боюсь, что применение атомной бомбы нанесло этой надежде тяжелый удар. Теперь другие, соперничающие с Америкой державы смогут со всей остротой предъявить ей упрек в империализме, после сброшенной атомной бомбы приобретающий особую убедительность. Именно потому, что атомная бомба явно уже не была необходима для победы, ее применение будет понято как чистая демонстрация силы; а очень трудно усмотреть, какой путь может вести от политики силы к единому, основанному на свободе порядку мира».

— Ты полагаешь, таким образом,— подхватил Карл Фридрих,— что следовало рассмотреть технические возможности атомной бомбы в более широком контексте общей взаимосвязи, а именно как часть глобального научно-технического развития, которое в конечном счете должно неизбежно привести к единому порядку на Земле. Тогда стало бы понятно, что применение бомбы в момент, когда победа уже предрешена, представляет собой возврат к временам борющихся за власть национальных государств и отдаляет от эпохи единого, основанного на свободе мирового порядка; ибо такое применение ослабляет доверие к правому делу Америки, затрудняет веру в миссию Америки. Беда здесь не в существовании атомной бомбы самой по себе. В самом деле, ее наличие оставит в будущем полную политическую независимость лишь за немногими великими державами с гигантской экономикой. Для менее крупных государств окажется возможной лишь частичная независимость. Но такое лишение не обязательно будет означать ограничение свободы индивида и может рассматриваться как плата за всеобщее улучшение жизненных условий людей.

Однако, рассуждая так, мы снова отклоняемся от нашего главного вопроса. Мы ведь хотим понять, как должен вести себя индивид, включенный в общий контекст человечества, воспитанного на противоречивых представлениях, подвластного своим страстям и заблуж-

дениям и в то же время заинтересованного в техническом прогрессе. Об этом мы еще слишком мало узнали.

— И все же мы поняли, — попытался я возразить, — что для индивида, перед которым научный и технический прогресс поставил важную задачу, недостаточно думать лишь об этой задаче. Он должен рассматривать ее разрешение как составную часть общего развития, к которому он явным образом относится положительно, коль скоро вообще работает над подобными проблемами. Если он будет учитывать эту всеобщую взаимосвязь, то ему будет легче прийти к правильным решениям.

— Но это означает, что он должен стремиться к участию в общественной жизни, к влиянию на государственное управление, если он хочет не только мыслить, но также поступать и действовать правильно. Впрочем, возможно, что подобное участие и не лишено смысла. Оно хорошо вписывается в общий ход развития, который мы только что попытались себе представить. В той мере, в какой научный и технический прогресс становится важен для общего целого, может возрасти и влияние носителей этого прогресса на общественную жизнь. Естественно, не приходится предполагать, что физики и техники смогут лучше, чем политики, принимать важные решения. Однако в своей научной работе они научились мыслить объективно, с учетом фактов и, что самое важное, в контексте широких взаимосвязей. Тем самым они способны внести в работу политиков нелишний для нее конструктивный элемент логической точности, дальновидности и неподкупной объективности. Если мыслить таким образом, то, конечно, нельзя не упрекнуть американских атомных физиков в том, что они недостаточно стремились к приобретению политического влияния, что они слишком рано выпустили из рук право решать вопрос применения атомной бомбы. Ведь не приходится сомневаться, что отрицательные последствия этого применения бомбы были ими поняты очень рано.

— Не знаю, в праве ли мы тут вообще говорить об «успехе». По-видимому, в данном конкретном случае нам просто больше повезло, чем нашим друзьям по ту сторону океана.

Наш плен окончился в январе 1946 года, и мы возвратились в Германию. С того времени началось восстановление, о котором мы много думали уже с 1933 года, но которое на первых порах оказалось все же более трудным, чем представлялось нам в наших надеждах и мечтах. В первую голову дело шло о маленьком круге сотрудников моего научного института. Общество кайзера Вильгельма в Берлине не могло возродиться в своей старой форме отчасти потому, что политическое будущее Берлина было совершенно неопределенным, отчасти потому, что к самому названию, к воспоминанию о кайзере как национальном символе оккупационные власти были настроены недоброжелательно. Британское оккупационное командование предоставило нам возможность приступить к восстановлению научных институтов в Геттингене, в помещениях бывшего комплекса аэродинамических испытаний. И вот мы переселились в Геттинген, где два де-

сятилетия назад я познакомился с Нильсом Бором и позднее учился у Борна и Куранта. Макс Планк, теперь уже почти 90-летний, в конце войны был увезен близкими в Геттинген и трудился вместе с нами над созданием организации, которая, осуществляя функции бывшего Общества кайзера Вильгельма, могла бы координировать работу старых и новых исследовательских институтов. Мне посчастливилось снять для своей семьи дом в непосредственной близости от жилища Планка, так что мы часто переговаривались с ним через садовую ограду, а вечерами он иногда заходил к нам в дом, когда мы занимались камерной музыкой.

Конечно, в те годы приходилось тратить много труда и усилий для удовлетворения элементарных жизненных потребностей, а в институте — для приобретения простейшего оборудования. Но то было счастливое время. Малейшие успехи означали не как в предыдущие двенадцать лет, что то или иное *еще* возможно, а что это *уже* снова возможно; и почти с каждым месяцем как в научной работе, так и в частной жизни можно было ощущать улучшения и облегчения, достигнутые в ходе полной уверенности в завтрашнем дне и радостного совместного труда. Разнообразная поддержка, которую при этом оказывали нам представители оккупационного командования, облегчала наш труд не только материально; она давала нам также возможность снова ощутить себя частью обширного содружества, которое по доброй воле хотело строить новый мир, ориентирующийся на разумные образы будущего, а не на скорбь о загубленном прошлом.

Эта перестройка мышления, направленного уже не на прошлое, а на желанное будущее, стала для меня особенно ясной в двух беседах, о содержании которых здесь будет вкратце упомянуто. Одна произошла при первой встрече, которая после войны снова свела меня с Нильсом в Копенгагене. Внешний повод к ней был довольно нелепым, и о нем нужно упомянуть лишь ради характеристики геттингенской жизни в те летние месяцы 1947 года. Английская тайная служба с неизвестной нам стороны получала сигнал, что на Отто Гана и меня запланировано покушение с русской стороны. Агенты должны были силой увезти нас через границу, удаленную всего лишь на несколько километров, в русскую оккупационную зону. Когда у английских служащих появился повод предполагать, что агенты уже прибыли в Геттинген, нас быстро увезли из Геттингена, сначала в Герфорд, находившийся вблизи центра управления британской оккупационной зоны. Там я узнал, что дни ожидания мне надлежит использовать для посещения Нильса Бора в Копенгагене. Рональд Фрезер, который в качестве английского офицера дружески опекал нас в Геттингене, хотел еще раз поговорить с Бором и со мной о моем посещении Копенгагена в октябре 1941 года. Британский военный самолет доставил нас из Бюкебурга в Копенгаген, и с аэродрома в машине мы поехали в загородный дом Бора в Тисвилсте. И вот мы снова сидели у того же камина, возле которого так часто философствовали о квантовой теории, и бродили по тем же узким пес-

чаным лесным тропинкам, по которым 20 лет назад за руку с детьми Бора мы бегали купаться. Но когда мы попытались восстановить наш разговор осенью 1941 года, то заметили, что наши воспоминания относятся как будто бы уже к очень далекому прошлому. Я был уверен, что мы затронули критическую тему во время вечерней прогулки по аллее, тогда как Нильс, по его уверениям, твердо помнил, что это случилось в его рабочей комнате в Карлсберге. Нильс хорошо припоминал тот испуг, который вызвали в нем мои слишком осторожные фразы, но он уже не помнил, что я тогда же говорил и об огромных технических усилиях, и о вопросе, что должны делать физики в нашем положении. Вскоре мы оба почувствовали, что лучше не заклинать духов прошлого.

Снова, как некогда на альпийском лугу Штайлер Альм, прогресс физики перевел наши мысли с прошлого на будущее. Нильс только что получил от Пауэлла из Англии фотографические снимки траекторий элементарных частиц, которые он считал новым, ранее неизвестным видом таких частиц. Речь шла об открытии так называемых μ -мезонов, игравших с тех пор большую роль в физике элементарных частиц²². В этой связи мы стали говорить о возможных отношениях между этими частицами и внутриядерными силами и, поскольку время жизни новых образований представлялось более коротким, чем у ранее известных элементарных частиц, мы обсудили возможность существования других видов подобных частиц, которые до сих пор ускользали от наблюдения лишь потому, что срок их жизни еще короче. Таким образом, перед нами раскрылось широкое поле для интересных исследований, которым мы теперь на долгие годы могли отдаться со свежими силами и в сотрудничестве с новым молодым поколением. Во всяком случае, я непременно собирался заняться подобными проблемами в Геттингене в моем вновь образовавшемся институте.

Вернувшись в Геттинген, я узнал от Элизабет, что там действительно имело место нечто вроде покушения на меня. Возле моего дома ночью были арестованы два гамбургских портовых грузчика, которые сознались, что им обещали большие денежные суммы в случае, если они доставят меня к ожидавшему неподалеку автомобилю. Это авантюрное предприятие показалось мне слишком плохо подготовленным, чтобы в него можно было поверить; и лишь через полгода наши английские шефы напали на решение загадки. Одному несколько запутавшемуся человеку, который в качестве бывшего национал-социалиста нес на себе большую вину и потому не мог найти работу, пришлось в голову инсценировать покушение и таким путем получить место в английской секретной службе. Он нанял обоих грузчиков, но одновременно сообщил английской разведке о предстоящем покушении. Вначале его план имел успех, однако подобные успехи обычно недолговечны, и позднее нам часто представлялся случай посмеяться над этим маленьким приключением.

Вторая беседа, прояснившая для меня необходимость переориентации с прошлого на будущее, касалась уже восстановления крупных исследовательских организаций в возникающей Федеративной Республике. После смерти Планка Отто Ган взял на себя решающую часть усилий, направленных на то, чтобы передать функции старого Общества кайзера Вильгельма новой организации. Эта организация была вновь создана в Геттингене под названием Общества Макса Планка, и ее первым председателем стал Отто Ган. Сам я в то время вместе с физиологом Рейном из Геттингенского университета хлопотал о создании Исследовательского совета, призванного заботиться о налаживании в новой Федеративной Республике тесной связи между федеральной администрацией и научным исследованием. Легко можно было понять, что вырастающая из научного прогресса техника будет играть видную роль не только при восстановлении городов и промышленности, но и более того, во всей социальной структуре нашей страны и Европы. В духе той беседы, которая состоялась у меня в свое время с Бутенандтом после воздушного налета на Берлин, я думал в первую очередь не о том, чтобы добиться максимально широкой поддержки научного исследования со стороны общественности; по крайней мере столь же важным было для меня проникновение научного, особенно естественнонаучного мышления в деятельность правительства. Тем, кто у нас взял на себя ответственность за функционирование государства, необходимо было, как я считал, непрестанно напоминать, что перед ними стоит не только задача согласования конфликтующих интересов, но что существуют объективные реалии, которые коренятся в самой структуре современного мира и бегство от которых в сферу эмоционального мышления может вести лишь к катастрофам.

Я хотел поэтому добиться для науки определенного права на инициативу в общественных делах. У Аденауэра, с которым я тогда нередко совещался, я нашел доверие и готовность поддержать мой план. Но в то же время другие группы прилагали усилия по восстановлению Общества взаимопомощи немецких ученых, которое в двадцатых годах действовало под руководством Шмидта-Отта и после первой мировой войны оказало немецкой науке неоценимую службу. Эти усилия, осуществлявшиеся прежде всего представителями высших школ и правительствами федеральных земель, вызвали мою тревогу, так как мне казалось, что я улавливаю в них сильно выраженный элемент реставрации. Идея добиться мощной поддержки научному исследованию со стороны общественности, но во всем остальном защищать полное разделение науки и государства, представлялась мне уже не отвечающей нашему времени.

В рамках дискуссий, развернувшихся вокруг этой дилеммы, однажды в Геттингене произошла обстоятельная беседа между юристом Райзером, позднее многолетним председателем Совета по делам науки, и мною. Я выразил Райзеру свои опасения, что защищаемое им Общество взаимопомощи может снова способствовать победе умонастроения, которое замыкается от сурового действи-

тельного мира в башне из слоновой кости и предается излюбленным мечтам. Райзер возразил мне: «Но ведь мы с Вами не можем надеяться, что нам удастся изменить немецкий национальный характер». Я отчетливо почувствовал, что он прав и что необходимые изменения в структуре мышления многих людей может произвести не добрая воля отдельной личности, а всегда лишь суровое давление внешних обстоятельств. И в самом деле, несмотря на поддержку Аденауэра, наши планы рухнули. Мне не удалось убедить представителей высшей школы в необходимости нового подхода, и было создано Общество исследователей, которое в существенных чертах продолжало главным образом традиции бывшего Общества взаимопомощи. Лишь десять лет спустя внешняя необходимость вынудила создать Министерство научных исследований, в котором благодаря учреждению совещательных научных коллегий была воплощена по крайней мере часть наших планов. Вновь основанное Общество Макса Планка оказалось в состоянии быстрее применяться к нуждам современного мира. Однако в отношении высшей школы нам пришлось примириться с тем, что процесс обновления, в конечном счете так или иначе необходим, и неизбежно сопутствующие ему тяжелые бои и дискуссии откладывались на будущее.

XVII. ПОЗИТИВИЗМ, МЕТАФИЗИКА И РЕЛИГИЯ (1952)

Восстановление международных научных связей снова свело старых друзей по атомной физике в Копенгагене. В начале лета 1952 г. там состоялась конференция, на которой предстояло проконсультироваться относительно постройки крупного ускорителя в Европе. Я был крайне заинтересован в подобных планах. От этого ускорителя я ожидал экспериментальных данных о том, действительно ли, как я предполагал, при столкновении двух элементарных частиц высоких энергий могут возникнуть многочисленные элементарные частицы, и верно ли, что в действительности существуют различные виды элементарных частиц, которые, подобно стационарным состояниям атома или молекулы, различаются по свойствам симметрии, по массе и по продолжительности жизни. Но, хотя ввиду этого тема конференции во всех отношениях была для меня важна, я не буду говорить здесь о ее содержании, а расскажу лишь об одной беседе, которую я по случаю конференции имел с Нильсом и Вольфгангом. Вольфганг тоже приехал на конференцию из своего Цюриха. Мы сидели втроем в маленьком зимнем саду, который примыкал со стороны парка к дому Бора, предоставленному ему как почетному гражданину, и разговаривали на старую тему о том, вполне ли понята квантовая теория и сделалась ли интерпретация, которую мы нашли здесь для нее 25 лет назад, за это время общепризнанным идейным достоянием физической науки. Нильс рассказал:

— Некоторое время назад здесь, в Копенгагене, состоялась конференция философов, на которую приехали большей частью сторонники позитивистского направления. Представители венской школы играли особенно важную роль. Я попробовал говорить перед этими философами об интерпретации квантовой теории. После моего доклада никаких возражений, никаких трудных вопросов не было, но я должен признаться, что именно это меня всего больше испугало. В самом деле, если квантовая теория не вызывает на первых порах возмущения, то не может быть, чтобы ее правильно поняли. Вероятно, я так плохо говорил, что никто не усвоил, о чем идет речь.

Вольфганг был иного мнения: «Дело не обязательно в качестве твоего доклада. Таково вероисповедание позитивистов, что они принимают факты, так сказать, на веру. Насколько я знаю, у Витгенштейна есть такие выражения, как «мир есть все то, что имеет место» и «мир есть совокупность фактов, а не вещей»²³. При таком подходе

теория, отражающая эти самые факты, принимается без долгих слов. Позитивисты усвоили, что квантовая механика верно описывает атомные явления, поэтому они не видят никаких причин восставать против нее. А то, что мы к этому прибавляем, наподобие принципа дополнительности, интерференции вероятностей, соотношений неопределенности, границы между субъектом и объектом и так далее, для позитивистов просто туманная побочная лирика, возврат к донаучному мышлению, болтовня; все это ни в коем случае не может приниматься всерьез и в самом лучшем случае просто безвредно. Возможно, такая концепция обладает в себе полной логической завершенностью, но только я уже не знаю тогда, что такое понимание природы».

— Позитивисты, конечно, скажут,— попытался дополнить я,— что понимание равносильно способности предсказания. Если можно заранее рассчитать лишь весьма специфические события, значит, мы поняли лишь некоторую небольшую область; если же имеется возможность предрассчитать многие и различные события, то это значит, что мы достигли понимания более обширных сфер. Существует плавная шкала переходов от понимания очень немногого к пониманию почти всего, однако качественного различия между способностью предсказать и пониманием якобы не существует.

— А ты считаешь, что такое различие есть?

— Да, я убежден в этом,— отвечал я,— и мне кажется, что мы уже как-то лет тридцать назад об этом говорили во время велосипедной поездки к озеру Вальхензее. Возможно, мне удастся прояснить то, о чем я говорю, одним примером. Когда мы видим в небе самолет, мы можем с известной степенью достоверности предсказать, где он будет через секунду. Сначала мы просто продлим его наблюдаемую траекторию по прямой линии; а если успеем заметить, что самолет описывает кривую, то учтем и кривизну. Таким способом мы в большинстве случаев успешно справимся с задачей. Однако траекторию мы все же еще не поняли. Лишь когда мы сначала поговорим с пилотом и получим от него объяснения относительно намечаемого полета, мы действительно поймем траекторию.

Нильса это удовлетворило лишь наполовину. «По-видимому, такой образ будет трудно перенести в область физики. У меня, собственно, получается так, что я очень хорошо могу сойтись с позитивистами в том, что их устраивает, и не так легко схожусь с ними в том, что их не устраивает. Позвольте объяснить несколько подробнее. Мироотношение, которое нам столь хорошо известно прежде всего по Англии и Америке и которое позитивисты, собственно говоря, лишь привели в систему, в сущности восходит к пафосу начальной эпохи естествознания Нового времени. До того существовал неизменный интерес к общей мировой взаимосвязи, которая понималась в согласии со старыми авторитетами, прежде всего Аристотелем и церковным учением, при очень малой заботе о конкретных деталях опыта. Следствием было то, что повсюду распространилось суеверие, искажавшее облик отдельных деталей, причем даже в общих вопросах не было прогресса, потому что старые

авторитеты нельзя было дополнить новыми познаниями. Лишь в XVII веке решились избавиться от авторитетов и обратиться к опыту, т. е. к экспериментальному исследованию деталей.

Рассказывают, что в начале деятельности научных обществ, например Королевского общества в Лондоне, ученые занимались тем, что боролись с предрассудками, экспериментально опровергая утверждения, встречающиеся в тех или иных книгах по магии. Там, скажем, утверждалось, что жук-рогач, если его в сопровождении определенных магических формул около полуночи поместить в середину круга, нарисованного мелом на столе, не сможет выйти из этого круга. И вот на столе рисовали мелом круг, при точном соблюдении требуемых магических формул клали жука в его центр и наблюдали, как он преспокойно убежал за круг. В некоторых академиях академики обязывались даже никогда не говорить об общей мировой взаимосвязи, а заниматься лишь отдельными конкретными фактами. Поэтому теоретические соображения о природе относились всегда лишь к той или иной отдельной группе явлений, а не к общей взаимосвязи целого. Теоретическая формула понималась большей частью как руководство к действию — подобно тому, как в наши дни в справочнике инженера можно найти полезные формулы относительно прочности балок на изгиб. Известное изречение Ньютона о том, что он ведет себя как ребенок, который играет на берегу моря и радуется, когда найдет камешек или ракушку покрасивее, а великий океан истины простирается перед ним неисследованный,— это высказывание тоже выражает пафос начинавшегося новоевропейского естествознания. Разумеется, в действительности Ньютон сделал много больше. Ему удалось математически сформулировать закономерности для весьма обширной области природных явлений. Но как раз об этом было не принято говорить.

В этой борьбе против прежних авторитетов и суеверия в области естествознания, конечно, часто доходили до крайности. Например, существовали древние сообщения, свидетельствовавшие о том, что иногда с неба падают камни, и в некоторых монастырях и церквях такие камни хранились в качестве реликвий. Подобные сообщения в XVIII веке были отвергнуты как предрассудок, и от монастырей потребовали выбросить эти никчемные камни. Французская академия как-то даже приняла специальное решение не рассматривать впредь сообщения о камнях, упавших с неба. Даже то многозначительное обстоятельство, что в некоторых древних языках железо определяется как камень, упавший с неба, не могло поколебать академию в ее решении. Лишь после того, как во время большого метеоритного дождя вблизи Парижа упали тысячи маленьких кусочков железистого песчаника, академии пришлось расстаться со своим упрямством. Я хотел рассказать об этом только для того, чтобы охарактеризовать интеллектуальную позицию естествознания в начале Нового времени; и все мы знаем, какое множество новых открытий и научных успехов было вызвано этой позицией.

И вот теперь позитивисты пытаются обосновать и в известной мере оправдать методологию науки Нового времени с помощью философской системы. Они указывают на то, что понятия, применявшиеся в прежней философии, не обладают той же степенью точности, как понятия естествознания, и утверждают в связи с этим, что вопросы, которые ставились и разбирались в ней, часто не имели смысла, что речь шла о кажущихся проблемах, которыми не следовало заниматься. С требованием во всех понятиях стремиться к предельной ясности я, естественно, могу только целиком согласиться; однако запрет задумываться о более общих вопросах на том основании, что там не существует ясных в позитивистском смысле понятий, мне не кажется слишком разумным, ведь при таком запрете нельзя было бы понять даже квантовую теорию».

— Когда ты говоришь, что тогда нельзя было бы уже понять квантовую теорию,— переспросил Вольфганг,— хочешь ли ты этим сказать, что физика не состоит лишь из эксперимента и измерения, с одной стороны, и математического формального аппарата, с другой, но что на стыке между ними должна выступить подлинная философия? Иными словами, что тут надо попытаться средствами естественного языка объяснить, что, собственно, происходит при этом взаимодействии между экспериментом и математикой? Я тоже предполагаю, что все трудности с пониманием квантовой теории возникают именно в этом пункте, который позитивисты большей частью обходят молчанием; и обходят именно потому, что здесь нельзя оперировать точными понятиями. Физик-экспериментатор должен уметь говорить о своих опытах, причем он фактически употребляет понятия классической физики, о которых нам уже известно, что в них нет точного соответствия природе. Вот основная дилемма, и этого нельзя попросту игнорировать.

— Позитивисты,— добавил я,— крайне настороженно встречают всякую постановку вопроса, носящую, как они говорят, донаучный характер. Мне вспоминается книга Филиппа Франка о законе причинности, где он неоднократно отвергает те или иные проблемы и формулировки на том основании, что речь в них якобы идет о реликтовых вопросах метафизики, донаучной или анимистической эпохи мысли²⁴. Например, отклоняются в качестве донаучных такие понятия биологии, как «целое» и «энтелехия», и делается попытка доказать, что высказываниям, в которых обычно употребляются эти понятия, не соответствуют экспериментально выявляемые содержания. Слово «метафизика» тут в известном смысле просто бранное слово, которым клеймят безвыходно туманные рассуждения.

— С таким сужением языка я, конечно, тоже не мог бы согласиться,— опять взял слово Нильс.— Ты ведь помнишь шиллеровское стихотворение «Изречение Конфуция» и знаешь, что мне там особенно нравятся строки: «Лишь полнота ведет к ясности, и истина обитает в бездне»²⁵. Полнота здесь не просто полнота опыта, но также и понятийная полнота, полнота различных способов говорить о нашей проблеме и о явлениях природы. Лишь благодаря тому, что мы

всякий раз в различных понятиях говорим о странных отношениях между формальными законами квантовой теории и наблюдаемыми феноменами, освещаем их со всех сторон, осознаем их кажущиеся внутренние противоречия, может осуществиться то изменение в структуре нашего мышления, которое и является предпосылкой для понимания квантовой теории.

Например, до сих пор говорят, что квантовая теория неудовлетворительна, потому что она представляет лишь дуалистическое описание природы с помощью взаимодополнительных понятий «волна» и «частица». Но тому, кто действительно понял квантовую теорию, никогда уже не придет в голову говорить здесь о дуализме. Он будет воспринимать эту теорию как единое описание атомных явлений, которое лишь там, где оно для своего приложения к экспериментам переводится на естественный язык, может принимать очень разный облик. Квантовая теория оказывается, таким образом, поразительным примером того, как можно понять некоторые обстоятельства с полной ясностью и тем не менее все же знать, что о них можно говорить лишь в образах и символах. Образами и символами здесь, в сущности, служат классические понятия, между прочим, также и «волна», и «частица». Они не соответствуют в точности действительному миру, а кроме того, стоят отчасти в отношении дополнительности друг к другу и поэтому друг другу противоречат. И все же, поскольку при описании явлений приходится оставаться в пространстве естественного языка, к истинному положению вещей можно приблизиться, лишь опираясь на эти образы.

По-видимому, с общими проблемами философии, в особенности метафизики, все обстоит точно так же. Мы вынуждены говорить в образах и символах, которые не в точности улавливают то, что мы реально имеем в виду. Иногда мы не в состоянии даже избежать противоречий, и все же с помощью этих образов мы можем как-то приблизиться к действительному положению вещей. Само по себе это положение вещей мы не можем отрицать. «Истина обитает в бездне». Это столь же верно, как и первая часть изречения.

Ты только что упоминал Филиппа Франка и его книгу о причинности. Филипп Франк тоже был тогда на философском конгрессе в Копенгагене и сделал доклад, в котором сфера метафизических проблем фигурировала, собственно, как ты и говоришь, лишь в качестве бранного слова или, в лучшем случае, примера ненаучного образа мысли. Мне пришлось потом определить свое отношение к его докладу, и я сказал примерно так:

«Прежде всего, я не могу как следует понять, почему предлог «мета» мы имеем право ставить лишь перед такими понятиями, как логика или математика,— Франк говорил о металогике и метаматематике,— но не перед понятием «физика». Ведь префикс «мета» призван, собственно говоря, означать лишь то, что речь идет о вопросах, которые идут «потом», т. е. о вопросах относительно оснований соответствующей области; почему же никак нельзя исследовать то, что, так сказать, идет за физикой? Впрочем, мне больше по душе

начать совсем с другого конца, чтобы пояснить мое собственное отношение к этой проблеме. Я хотел бы спросить: «Что такое профессионал?» Многие, возможно, ответят, что профессионал — человек, который очень много знает о своем предмете. Однако с этим определением я не мог бы согласиться, потому что никогда нельзя знать о каком-либо предмете действительно много. Я предпочел бы такую формулировку: профессионал — это человек, которому известны грубейшие ошибки, обычно совершаемые в его профессии, и который поэтому умеет их избегать. В этом смысле я и Филиппа Франка назвал бы профессионалом в метафизике, потому что он, несомненно, умеет избегать некоторые из грубейших ошибок в метафизике». — Не знаю, очень ли по душе пришлась Франку моя похвала, но я сказал ее не иронически, а совершенно искренне. Мне при подобных дискуссиях важно прежде всего, чтобы не делалось попыток просто заговорить ту бездну, в которой обитает истина. Не следует ни в чем слишком облегчать себе задачу.

Вечером того же дня мы с Вольфгангом продолжили беседу вдвоем. Стояло время белых ночей. Воздух был теплый, сумерки продолжались чуть ли не до полуночи, и проходящее под самым горизонтом солнце окунало город в приглушенный голубоватый свет. Мы решили отправиться на прогулку по Лангелинии, набережной, далеко протянувшейся вдоль гавани, в которой обычно стоят и разгружаются корабли. С юга Ленгелинии начинается примерно в том месте, где на скале у берега моря сидит бронзовая Русалочка из сказки Андерсена, а на севере она кончается далеко выступающим в воды порта волноломом с обозначающим вход в бухту маленьким сигнальным фонарем. Сначала мы следили за кораблями, которые в сумерках входили и выходили из порта, а затем Вольфганг начал разговор вопросом:

— Вполне ли тебя устраивает то, что Нильс говорил сегодня о позитивистах? У меня было впечатление, что ты по отношению к позитивистам настроен еще более критично, чем Нильс, или, точнее сказать, что тебе импонирует совсем другое понятие истины, чем философам этого направления; и я не знаю, готов ли Нильс принять то понятие истины, на которое ты намекнул.

— Я, правду сказать, тоже этого не знаю. Ведь Нильс вырос в эпоху, когда требовалось большое усилие для эмансипации от традиционного мышления буржуазного мира XIX века, а в особенности от образа мысли христианской философии. Поскольку он приложил в свое время это усилие, он всегда будет остерегаться безоговорочно использовать язык старой философии или, тем более, теологии. Но для нас это все иначе, потому что после двух мировых войн и двух революций нам уже не нужно прилагать никаких специальных усилий, чтобы освободиться от каких бы то ни было традиций. Мне — и здесь мы заодно с Нильсом — показалось бы совершенной нелепостью, если бы я вдруг запретил себе определенные проблемы или способы рассуждения прежней философии на том основании, что они не выражены на точном языке. Правда, мне зачастую нелегко по-

стичь, что мыслится за этими способами рассуждения, и я пытаюсь тогда перевести их на современную терминологию и смотрю, не можем ли мы дать теперь на них новые ответы. Но мне ничто не мешает снова задуматься над старыми проблемами, точно так же, как ничто не мешает прибегнуть к традиционному языку одной из старых религий. Мы знаем, что в религии нельзя обойтись без образов и символов, которые никогда не могут изобразить в точности то, что имеется в виду. Но в конечном счете в большинстве старых религий, возникших в эпоху, предшествовавшую современному естествознанию, речь идет, несомненно, об одном и том же содержании, об одном и том же положении вещей, которое призваны выразить все эти образы и символы и которое в центральном пункте совпадает с вопросом о ценностях. Позитивисты могут быть правы в том отношении, что сегодня часто трудно наделить смыслом эти символы. Однако так или иначе задача в том, чтобы постигнуть их смысл, потому что он очевидным образом знаменует решающую часть нашей действительности; или, пожалуй, выразить его на каком-то новом языке, если уж нельзя выразить его на старом.

— Из твоих размышлений о таких вопросах сразу делается ясно, что тебя никогда не устроит понимание истины как возможности предварительного расчета. Но каково же твоё понятие истины в естествознании? Недавно в доме Бора ты намекнул на него своим сравнением с траекторией самолета. Что в природе, по-твоему, соответствует намерению или заданию пилота?

— Такие слова, как «намерение» или «задание», — попытался я ответить, — возникли в человеческом мире, и в отношении природы могут пониматься самое большее как метафоры. Но, пожалуй, нам снова поможет наше старое сравнение между астрономией Птолемея и ньютоновским учением о движении планет. Если считать критерием обладания истиной возможность предварительного расчета, то птолемеявская астрономия была не хуже позднейшей ньютоновской. Но когда мы сравниваем сегодня Ньютона с Птолемеем, то у нас возникает впечатление, что Ньютон в своих уравнениях движения описал траектории небесных тел полнее и правильнее, чем Птолемей; что он, так сказать, описал намерение, в согласии с которым сконструирована природа. Или взять пример из сегодняшней физики: когда мы узнаем, что законы сохранения, скажем энергии или заряда, носят вполне универсальные черты, что они значимы во всех областях физики и вытекают из симметрии, присущей фундаментальным законам, то возникает искушение сказать, что эта симметрия есть решающий элемент плана, по которому создана природа. При этом я отдаю себе полный отчет в том, что слова «план» и «создана» опять же взяты из человеческого опыта, а потому в лучшем случае могут служить только метафорами. Но ведь ясно, с другой стороны, что язык не может предоставить здесь нам в распоряжение никаких внечеловеческих понятий, с помощью которых мы могли бы приблизиться к искомому смыслу. Что я могу в таком случае еще сказать о своем естественнонаучном понятии истины?

— Да, конечно, позитивисты тотчас возразят, что ты бродишь в густом тумане, и они могут гордиться тем, что уж с ними-то ничего подобного не случится. Только где больше истины, в туманном или в ясном? Нильс цитирует: «Истина обитает в бездне». Но существует ли бездна, и существует ли истина? И имеет ли эта бездна какое-то отношение к вопросу о жизни и смерти?

Разговор ненадолго прервался, потому что на расстоянии нескольких сот метров мимо нас проплыл большой пассажирский пароход, который со своими многочисленными огнями выглядел в светлых сумерках сказочным и почти нереальным. Мне пригрезились в этот миг человеческие судьбы, которые, наверное, развертывались за освещенными окнами кают, и в моем воображении вопрос Вольфганга превратился в вопрос о пароходе. Что такое в действительности этот пароход? Масса железа с машинным отделением, системой электропроводки и лампочками? Или выражение целеустремленности человеческой воли, структура, образовавшаяся как результат отношений между людьми? А может быть, он просто следствие биологических природных законов, которые в качестве объекта своей формирующей силы использовали на этот раз не только молекулы белка, но и сталь, и электрический ток? Тогда слово «намерение» представляет собой лишь отражение в человеческом сознании этой формирующей силы или природных законов? И что означает в данной связи слово «лишь»?

Отсюда мой разговор с самим собой переключился на более общие вопросы. Вполне ли бессмысленно представлять за упорядочивающими структурами этого мира «сознание», в «намерение» которого они входят? Разумеется, такая постановка вопроса тоже антропологизирует проблему, потому что слово «сознание» возникло из человеческого опыта. Следовательно, это понятие, собственно говоря, нельзя применять вне человеческой сферы. Но при столь жестком его ограничении было бы непозволительно говорить, например, также о сознании животного. А ведь мы чувствуем, что за подобным словоупотреблением стоит определенный смысл. По-видимому, смысл понятия «сознание» становится шире и одновременно туманнее, когда мы пытаемся применить его вне человеческой сферы.

Для позитивистов дело решается просто: мир делится на то, что можно ясно высказать, и на то, о чем нужно молчать²⁶. Так что в данном случае нужно было бы как раз молчать. Но, конечно, нет философии бессмысленнее. Ведь почти ничего ясно высказать нельзя. Если отсеять все неясное, останутся, наверное, только совершенно неинтересные тавтологии.

Мои раздумья прервал Вольфганг, который возобновил разговор:

— Ты вот сказал, что язык образов и символов, на котором говорят старые религии, тебе тоже не чужд и что ты поэтому не видишь смысла в тесных позитивистских рамках. Потом ты еще заметил, что разные религии со своими совершенно различными символами, по-твоему, в конечном счете имеют в виду почти одно и то же положение

вещей, которое, как ты сказал, в центральном пункте совпадает с вопросом о ценностях. Что ты имел тут в виду и как это «положение вещей», если воспользоваться твоим выражением, относится к твоему пониманию истины?

— Вопрос о ценностях — это ведь вопрос о том, что мы делаем, к чему стремимся, как должны себя вести. Он поэтому ставится о человеке и для человека; это вопрос о компасе, которым мы должны руководствоваться, отыскивая свой путь в жизни. Этот компас в разных религиях и мировоззрениях получал разные названия: счастье, воля Божия, смысл и еще многое другое. Различие названий говорит об очень глубоких различиях в структуре сознания человеческих групп, назвавших свои компасы такими именами. Я никоим образом не хочу умалять этих различий. Однако у меня складывается впечатление, что во всех формулировках речь идет об отношении людей к центральному миропорядку. Конечно, мы знаем, что для нас действительность зависит от структуры нашего сознания; объективируемая сфера составляет лишь малую часть нашей действительности. Но даже там, где задается вопрос о субъективной сфере, центральный порядок тоже действует и не дает нам права рассматривать формы этой сферы как игру случая или произвол. Правда, в субъективной сфере, будь то отдельная личность или народ, бывает много путаницы. Например, здесь могут властвовать демоны, творя свои бесчинства, или выражаясь более научно, здесь могут действовать частные порядки, не совпадающие с центральным порядком, отделенные от него. Но, в конечном итоге, всегда побеждает центральный порядок, или, пользуясь античной терминологией, «единое», в отношении с которым мы вступаем на языке религии. Когда ставится вопрос о ценностях, то, по-видимому, подразумевается требование, что мы должны действовать в духе этого центрального порядка, — именно для того, чтобы избежать хаоса, могущего возникнуть, когда царят разрозненные частные порядки. Действенность единого сказывается уже в том, что мы воспринимаем порядок как благо, беспорядок и хаос как зло. Вид разрушенного атомной бомбой города представляется нам ужасным — и мы радуемся, когда нам удается превратить пустыню в цветущий, плодоносящий край. В науках о природе, в естествознании центральный порядок дает о себе знать тем, что мы можем в конечном счете употреблять такие метафоры, как «природа создана по этому плану». И в данном пункте мое понятие истины связано с тем положением вещей, о котором говорят религии. Я нахожу, что все эти вещи стало намного легче осмыслить после того, как мы поняли квантовую теорию. Ведь в ней мы на абстрактном математическом языке можем сформулировать проникнутый единством порядок в очень широких областях; но вместе с тем мы понимаем, что когда пытаемся описать на естественном языке проявления порядка, у нас оказываются в распоряжении лишь символы, лишь способы рассмотрения по принципу дополненности, и нам приходится мириться с парадоксами и кажущимися противоречиями.

— Да, такой образ мысли вполне понятен,— сказал Вольфганг.— Но что значит, как ты говоришь, что центральный порядок всегда побеждает? Этот порядок либо есть, либо его нет. В каком смысле он побеждает?

— Здесь я имею в виду что-то совсем банальное,— ну, например, тот факт, что после каждой зимы на полях снова цветут цветы, а после каждой войны города снова отстраиваются; что, таким образом, хаотическое всегда снова превращается в упорядоченное.

Некоторое время мы шли молча и скоро достигли северного конца Лангелинии. Оттуда мы продолжали путь по огибающему порт узкому молу к небольшому сигнальному фонарю на его краю. Светлая розоватая полоска над северным горизонтом все еще напоминала о том, что солнце движется к востоку не так уж низко под ней. Контуры портовых строений вырисовывались со всей четкостью. Когда мы ненадолго остановились у конца мола, Вольфганг довольно неожиданно спросил:

— Веруешь ли ты в личностного Бога? Я, конечно, понимаю, что такому вопросу трудно придать ясный смысл, но направленность вопроса все же вполне понятна.

— А можно ли мне сформулировать этот вопрос иначе? — отвечал я.— Например так: можешь ли ты, или можно ли вообще относиться к центральному порядку вещей или событий так непосредственно, вступать с ним в такую глубокую связь, в какую можно вступать с душой другого человека? Я намеренно беру здесь это столь трудное для истолкования слово «душа», чтобы ты понял меня правильно. Если ты спросишь таким вот образом, я отвечу «да». И я мог бы, поскольку дело не идет здесь о моих личных переживаниях, вспомнить знаменитый текст, который всегда носил с собой Паскаль и который он начал словом «огонь»*. Но этот текст не был бы справедлив в отношении меня.

— Ты хочешь сказать, что для тебя центральный порядок может ощущаться столь же напряженно и непосредственно, как душа другого человека?

— Возможно.

— Почему ты взял здесь слово «душа», а не просто говорил о другом человеке?

— Потому что слово «душа» означает как раз центральный порядок, средоточие существа, которое по формам своего внешнего проявления может быть необозримо многообразным.

— Не знаю, могу ли я здесь вполне сойтись с тобой. Да и свои собственные переживания все-таки нельзя переоценивать.

* В подкладке камзола Паскаля после его смерти был найден зашитый так называемый «мемориал» — памятная записка, начинавшаяся словами: «Год благодати 1654, понедельник 23 ноября, день святого Климента, папы и мученика... От примерно десяти с половиной часов вечера до примерно полуночи с получасом. Огонь. Бог Авраама, Бог Исаака, Бог Иакова, не философов и ученых. Достоверность. Достоверность. Чувство, Радость, Мир. Бог Иисуса Христа... Забвение мира и всего помимо Бога. Его можно обрести лишь на путях, преподанных в Евангелии. Величие человеческой души...», и т. д.

— Разумеется, нельзя; но ведь по существу и в естествознании мы опираемся на собственные переживания или на переживания других людей, о которых мы располагаем достоверными сообщениями.

— Наверное, мне нужно было иначе поставить свой вопрос. Но я лучше снова вернусь к нашей первой проблеме, к позитивистской философии. Она тебе чужда, потому что, если бы ты захотел удовлетвориться ее требованиями, то не смог бы говорить о всех тех вещах, о которых мы только что говорили. Однако делаешь ли ты отсюда вывод, что эта философия вообще не имеет никакого отношения к миру ценностей? Что в ней в принципе не может быть этики?

— Так кажется на первый взгляд, но исторически здесь все наоборот. Позитивизм, о котором мы говорим и с которым мы сегодня сталкиваемся, вырос ведь из прагматизма и свойственной ему этической установки. Прагматизм научил нас не опускать руки в бездействии, а брать на себя ответственность, заботиться о ближайшем, не мечтая сразу об исправлении мира и, где только хватает сил, деятельно способствуя более совершенному порядку в узкой сфере. В этом пункте прагматизм кажется мне даже более высоким, чем многие старые религии. Ведь древние учения слишком часто толкают к пассивности, к подчинению кажущейся неизбежности, тогда как своими собственными усилиями человек мог бы многое улучшить. Начинать с малого, если хочешь улучшить великое, — это, конечно, хороший принцип в плане практического действия; и даже в науке такой подход может оказаться часто правильным, если только не упускать из виду широкую взаимосвязь. И все же в ньютоновской физике действовали оба принципа: и тщательное изучение частных случаев, и учет целого в природе. А позитивизм в его теперешнем облике совершает ту ошибку, что не хочет видеть широкой взаимосвязи, хочет ее — сейчас я, возможно, утрирую в своей критике — сознательно затемнить; по крайней мере, он никого не поощряет думать о ней.

— Твоя критика позитивизма мне вполне понятна, ты это знаешь. Но ты пока еще не ответил на мой вопрос. Если в этой смешанной из прагматизма и позитивизма жизненной установке есть этическое начало, — и ты определенно прав в том, что оно есть и что мы давно уже видим его в действии в Америке и Англии, — то где берет этика прагматизма и позитивизма компас, которым она руководствуется? Ты утверждаешь, что компас в конце концов всегда зависит от отношения к центральному порядку; но где ты видишь это отношение у прагматистов?

— Здесь я придерживаюсь тезиса Макса Вебера о том, что этика прагматизма вырастает в конечном счете из кальвинизма, а стало быть из христианства²⁷. Когда в нашем западном мире спрашивают, что хорошо и что плохо, что желательно и что предосудительно, то в ответах всегда обнаруживается христианская школа ценностей даже там, где давно уже разорваны связи с образами и символами этой религии. Если когда-нибудь совершенно исчезнет магнитная сила, направлявшая до сих пор этот компас, — а сила может происходить

только от центрального порядка, — то боюсь, что могут случиться ужасные вещи, еще более страшные, чем концентрационные лагеря и атомные бомбы. Однако мы не собирались говорить об этой мрачной стороне нашего мира; и, возможно, центральная область тем временем снова где-нибудь обнаружится сама собой. В науке дело во всяком случае обстоит так, как сказал Нильс: всякий охотно присоединится к требованиям прагматиков и позитивистов — тщательность и точность в деталях, максимальная ясность языка. Но их запреты должны быть нарушены; потому что, если бы уже нельзя было больше говорить и думать о широких взаимосвязях, был бы утерян компас, по которому мы можем ориентироваться.

Несмотря на поздний час, к молу еще раз подошел небольшой катер, который перевез нас обратно к Конгенс Нюторв, откуда нам было нетрудно добраться до дома Бора.

XVIII. ПОЛИТИЧЕСКАЯ И НАУЧНАЯ ПОЛЕМИКА (1956—1957)

Через десять лет после окончания войны злейшая разруха была преодолена. По крайней мере в западной половине Германии, в Федеративной Республике восстановление шло с таким успехом, что пора было уже задумываться об участии немецкой промышленности в развитии атомной техники. Осенью 1954 г. по заданию федерального правительства я участвовал в первых вашингтонских переговорах относительно возобновления подобных работ в Федеративной Республике. Тот факт, что в Германии во время войны не предпринималось никаких попыток создать атомную бомбу, хотя, в принципе, имелись необходимые для этого познания, оказал благоприятное воздействие на ход переговоров. Во всяком случае, нам разрешили строительство небольшого атомного реактора, и было похоже на то, что вскоре препятствия для мирной атомной техники в Германии совсем отпадут.

При таких обстоятельствах и в Федеративной Республике надо было намечать вехи будущего развития в этой области. Первой задачей было, естественно, строительство экспериментального реактора, на котором физики и инженеры, вообще немецкая промышленность могли бы изучать технические проблемы этой новой области. Важная роль в проекте сама собой выпала на долю руководимого Карлом Виртцем отделения физики нашего геттингенского Института Макса Планка. Здесь еще сохранялся весь опыт конструирования реактора во время войны и здесь же по мере возможности следили за последующим техническим прогрессом в этой области, изучая научную литературу и материалы научных конференций. Аденауэр стал поэтому чаще привлекать меня к переговорам с должностными лицами и представителями промышленности, заботясь о том, чтобы предварительные планы также и с научной точки зрения отвечали требованиям дела. Для меня было новым, хотя и не совсем неожиданным переживанием убедиться в том, что даже в демократически управляемом государстве с упорядоченными правовыми формами столь важные решения, как решение строить новую атомную технику, могут приниматься не только с точки зрения фактической целесообразности; что речь идет скорее о сложном балансировании между отдельными интересами, в которых трудно разобратся и которые часто препятствуют пользе дела. И несправедливо было бы поставить все это в укор политикам. Гармонизация противоречивых интересов с учетом единства и действенной жизнеспособности общества принадлежит, наоборот, как раз к их важнейшим задачам, выполнение

которых им нужно по возможности облегчать. Конечно, в таком балансировании между различными экономическими и политическими интересами у меня не было опыта, и поэтому мне удавалось добиться на таких переговорах меньшего, чем я надеялся.

В редких у меня в то время беседах с моими ближайшими сотрудниками я пришел к мнению, что было бы целесообразным соорудить первый предназначенный для технических целей экспериментальный реактор в непосредственной близости от нашего института. С этой целью для института в расширяющихся с течением времени технических комплексах нужно было подыскать более обширный участок, и я стоял за место вблизи Мюнхена. Надо признаться, что в моем предложении играли роль и личные мотивы, потому что с юношеских и студенческих лет у меня были старые связи с этим городом. Но и независимо от этого близость к такому важному и открытому для современного мира культурному центру, как Мюнхен, представлялась мне благоприятным условием для работы института. С другой стороны, в пользу тесного сотрудничества между институтом и вновь образуемым Центром по атомной технике было то соображение, что таким путем удавалось лучше всего использовать опыт института, приобретенный за годы войны, и что соответственно обученные кадры нашего института действительно хотели заниматься атомной техникой и, следовательно, не могли поддаваться искушению использовать немалые средства Технического центра на другие цели. Но вскоре я заметил, что влиятельные представители промышленности не проявляют подлинного интереса к подобному техническому нововведению в Баварии; справедливо или несправедливо, они решили, что условия в Баден-Вюртемберге благоприятнее, и поэтому выбор в конце концов пал на Карлсруэ. Однако странном образом было предусмотрено и новое здание для нашего Института Макса Планка в Мюнхене, и мы с удовлетворением узнали, что правительство земли Бавария взялось за это строительство. Карла Виртца попросили вместе с его специалистами по технике реактора выделиться из института и переселиться в Карлсруэ. Карл Фридрих получил приглашение занять должность профессора философии в Гамбургском университете.

Я был не очень обрадован этими решениями, в которых, правда, учитывались мои личные пожелания относительно Мюнхена, но игнорировались практические преимущества развития атомной техники вблизи нашего института. Мне было печально, что многолетнее тесное сотрудничество с Карлом Фридрихом и Карлом Виртцем подходило теперь к концу, и меня тревожил вопрос, достаточно ли упорно вновь создаваемый в Карлсруэ Центр по мирному использованию атомной техники сможет противостоять проiscaм тех, кто хотел бы использовать столь большие средства для иных целей. Беспokoило меня и то, что для людей, призванных принимать здесь важнейшие решения, границы между мирной атомной техникой и атомной военной техникой были столь же зыбкими, как между атомной техникой и фундаментальным теоретическим исследованием атома.

Эти опасения усиливались еще и тем, что хотя и не среди немецкого населения, но в политических и экономических кругах нередко выражалось мнение, что атомное вооружение именно при данной ситуации в мире является одним из эффективнейших средств защиты от внешней угрозы и что поэтому его нельзя исключать также и для Федеративной Республики. В противоположность этому я, подобно большинству моих друзей, был убежден, что атомное вооружение способно лишь ослабить внешнеполитическое положение Федеративной Республики и что, стремясь получить атомное оружие в той или иной форме, мы можем только повредить себе. Возмущение действиями наших соотечественников в годы войны было еще слишком распространено, чтобы люди могли примириться с атомным оружием в немецких руках. В различных переговорах, которые я в то время вел с федеральным канцлером, он тоже показался мне чутким к тому доводу, что в вопросах вооружения Федеративная Республика должна всегда делать лишь минимум требуемого от нее союзниками. Однако и тут дело шло, естественно, о балансировании между весьма различными и трудно сочетаемыми интересами.

Среди моих друзей Карл Фридрих особенно часто возвращался к этой теме; а позднее он взял на себя инициативу политического шага. Один из наших многочисленных диалогов мог начаться таким моим вопросом к Карлу Фридриху: «Как ты расцениваешь будущее нашего института? Меня беспокоит, что работы по атомной технике будут вестись в полном отрыве от него. Разумеется, на нашу долю остается еще много чисто научных задач. Однако в чьих интересах такой разрыв? Только ли мое — возможно, несколько эгоистическое — предположение выбрать Мюнхен вызвало этот разрыв? Или же существуют объективные основания для того, чтобы будущий Центр по мирному использованию атомной техники возник отдельно от Общества Макса Планка?»

— В подобных наполовину политических вопросах, — отвечал Карл Фридрих, — понятие объективного определить очень трудно. Техническое предприятие такого рода ведет, как следствие, к серьезным экономическим изменениям в местности, выбранной для его размещения. Там получают работу многие люди, для которых, возможно, потребуются новые поселки; промышленность, занимающаяся производством энергии и использованием отходов, развернет там новые предприятия с новыми задачами. Так что тот или иной город или федеральная земля начинают казаться пригодными в качестве местоположения для подобного предприятия по вполне объективным причинам. Здесь нужно — подобно тому, как мы это с тобой выяснили в Фарм-Холле относительно атомной бомбы, — рассматривать решение о местоположении предприятий по мирному использованию атомной техники как часть планирования всего технико-экономического развития Федеративной Республики; мало думать только о том, где быстрее всего удастся построить функционирующий реактор. Нужно допустить и другие основания, диктуемые взаимосвязью целого.

— Конечно, с такими основаниями нужно считаться. А ты думаешь, что они здесь играли главную роль? — спросил я.

— Этого я не знаю, и здесь начинаются мои собственные опасения. Как тебе известно из опыта неоднократных совещаний, для большинства неспециалистов трудно отграничить планируемое нами предприятие, с одной стороны, от работ по созданию военной техники, а с другой — от научного исследования. Поэтому всегда — но это, возможно, не так уж важно — сохранится тенденция к проведению в новом центре также и фундаментальных исследований, не имеющих непосредственного отношения к техническому применению; и всегда — что уж намного опаснее — будет присутствовать другая тенденция: выгадывать при мирном использовании атомной энергии что-то и для позднейшего военного применения, например в связи с получением плутония. Несомненно, Карл Виртц приложит максимальные усилия к тому, чтобы бескомпромиссно проводить линию исключительно мирной атомной техники. Однако в противоположном направлении могут действовать мощные силы, против которых один человек едва ли устоит. Нам надо попытаться получить от нашего правительства ответственное заявление о том, что оно не ставит своей целью производство атомного оружия. Но правительство понятным образом склонно оставить за собой как можно больше возможностей. Оно едва ли позволит связать себе руки. Можно подумать и о нашем заявлении перед общественностью. Но имеют ли подобные призывы какое-либо значение? В прошлом году ты ведь участвовал в составлении одного заявления, подписанного на острове Майнау рядом физиков. Ты им доволен?

— Я, правда, участвовал в нем, но я в принципе ненавижу такие манифестации. Когда люди публично заявляют, что хотят мира и выступают против атомной бомбы, то это просто глупая болтовня. Ведь всякий, у кого пять его чувств в порядке, и без того за мир и против атомной войны, и ему не нужно для этого заявлений ученых. Правительства используют подобные манифестации в собственных политических расчетах, они сами охотно выступят за мир и против атомной бомбы, только с той небольшой оговоркой, что, естественно, имеется в виду мир, выгодный и почетный для собственного народа, и что речь идет прежде всего о презренных атомных бомбах других стран. В конце концов ничего и не будет достигнуто.

— Все-таки население еще раз задумается над тем, сколь абсурдной была бы война с атомным оружием. Не будь такое предостережение неразумным, ты, конечно, едва ли подписал бы заявление в Майнау.

— Пожалуй; но чем шире и необязательнее такое заявление, тем менее оно действенно.

— Ладно, тогда нам надо просто придумать что-нибудь получше, раз мы хотим добиться, чтобы у нас действительно было предпринято нечто новое.

— Старая политика, т. е. экономическая и политическая мощь, нажим через угрозу оружием у большинства, особенно вне Германии,

все еще считается реалистической, хотя она давно уже противоположна всякому реализму. Недавно от одного члена нашего федерального правительства я услышал тот довод, что если Франция будет располагать атомным оружием, то и Федеративная Республика имеет право требовать для себя того же. Я, естественно, сразу же запротестовал. Но испугала меня в этом доводе не сама поставленная цель, а скрывающаяся за ней предпосылка. В качестве само собой разумеющейся истины выставляется, что обладание атомным оружием явилось бы для нас политическим преимуществом, и вопрос лишь в том, как поскорее достичь этой желанной цели. Боюсь, что защитники этого мнения всякого человека, который думает иначе и подвергает сомнению самую их предпосылку, сочтут безнадежным мечтателем — или в лучшем случае ловким мошенником, который преследует иные политические цели, чем говорит, ну, например, хочет присоединения Федеративной Республики к России.

— Сейчас ты утрируешь, потому что рассержен. Политика нашего федерального правительства явно разумнее, и есть много промежуточных ступеней между атомным вооружением и полной пассивностью, надеждой на чужую помощь. Но так или иначе мы должны сделать все, что в наших силах, чтобы воспрепятствовать развитию событий в неверном направлении.

— Это будет очень нелегко. Если я чему научился из событий последних месяцев, так это тому, что человек не может одновременно заниматься двумя вещами, политикой и наукой. Во всяком случае, у меня для этого не хватает сил. Ничего странного тут нет. Всегда в расчет принимается только полная отдача, в политике так же, как в науке; половинная никогда ничего не стоит. Поэтому я попытаюсь снова вполне погрузиться в науку.

— Это будет неверный шаг. Политика не только призвание специалистов и профессионалов, но и долг каждого человека, если мы хотим предотвратить катастрофы, подобные 1933 году. Ты не должен уклоняться от нее, особенно когда дело идет о последствиях развития атомной физики.

— Хорошо, когда тебе понадобится моя помощь, я в твоём распоряжении.

Летом 1956 года, когда велись такие беседы, я почувствовал себя уставшим, и мне казалось, что я на пределе своих сил. Среди прочего, меня угнетал научный спор с Вольфгангом Паули, которого я не мог убедить в правоте своих взглядов по одному очень важному для меня вопросу. На конференции в Пизе за год до того я выдвинул ряд новых необычных предположений по поводу математической структуры теории элементарных частиц, и Вольфганг не согласился с ними. Вольфганг сам изучил сходные варианты на математической модели, разработанной американским физиком китайского происхождения Ли, и пришел к выводу, что я на ложном пути. Я не мог ему тут поверить. Вольфганг критиковал меня со свойственной ему в таких случаях остротой.

— Твои замечания, — писал он в одном письме из Цюриха, — призваны главным образом служить свидетельством того, что ко времени Пизанской конференции ты фактически уже ничего не понимал в собственных работах.

Сначала я был слишком истощен, чтобы с полной силой взяться за поставленную им трудную математическую проблему, и решил сделать длительный перерыв для отдыха. Я отправился со всей своей семьей на каникулы в Лизелейе, маленький курорт на острове Зеландия в Дании, и поселился там на ферме, расположенной всего в 10 километрах от загородного дома Бора в Тисвильде. Мне хотелось еще раз использовать возможность подолгу бывать с Нильсом, не злоупотребляя в то же время его гостеприимством. Это были счастливые недели. Взаимные визиты прогоняли усталость и давали возможность восстановить связь между нашим общим прошлым и изменившимся между тем миром. Нильс, понятно, не хотел входить в сложные математические контрверзы, через которые мне приходилось пробиваться в споре с Вольфгангом. Он чувствовал себя некомпетентным в вопросах, относящихся больше к математике, чем к физике. Однако с философскими воззрениями, которые я хотел положить в основу физики элементарных частиц, он был согласен и поощрял меня идти дальше взятым курсом.

Спустя несколько недель после возвращения из Дании я тяжело заболел и долгое время был вынужден лежать в постели. О работе пока нечего было и думать, а за политическими дискуссиями, которые Карл Фридрих и еще несколько наших друзей вели с правительством, защищая наши положения, я был в состоянии следить лишь издалека. В первый же день, когда я снова смог встать с постели, — а между тем подошел уже конец ноября — у меня в доме состоялось совещание «восемнадцати геттингенцев», как оно позднее было названо, причем было составлено и подписано письмо к тогдашнему министру обороны, прежнему министру по атомной энергии Штраусу. Мы писали в нем, что если не получим на свое письмо удовлетворяющего нас ответа, то хотим сохранить за собой право выступить перед общественностью с изложением наших взглядов по вопросу об атомном вооружении. Я был рад, что Карл Фридрих взял инициативу этого шага на себя; я мог пока лишь наблюдать и в лучшем случае помогать вопсылы.

В последующие недели, когда силы, хотя и очень медленно, возвращались ко мне, я попытался довести до какого-то решающего завершения свой спор с Вольфгангом. Дело шло о моем предложении в целях формулирования природных законов для элементарных частиц расширить математическое пространство, которое со времен квантовой механики применялось для подобных целей и которое физики несколько неточно называли «гильбертовым пространством». Стимул к расширению этого пространства путем допущения несколько более общей метрики, чем в квантовой механике, был еще 13 лет назад дан Полем Дираком. Но Вольфганг доказал тогда, что при этом величины, которые в квантовой механике должны интерпретировать-

ся в качестве вероятностей тех или иных процессов, в ряде случаев могут принимать и отрицательные значения, так что подобной математике уже нельзя было дать разумной физической интерпретации. Примерно ко времени Пизанской конференции Вольфганг со всей подробностью провел свою критику на предложенной Ли модели. Я в своем докладе в Пизе, наоборот, снова возвратился к предложению Дирака и заявил, что в определенных описанных мною случаях критика Вольфганга оказывается недействительной. Вольфганг, понятным образом, мне здесь не поверил.

Тогда я попытался математическими методами самого Вольфганга доказать, с использованием модели Ли, что в названных мною особых случаях трудности можно обойти. Лишь к концу января я продвинулся достаточно далеко, чтобы более или менее ясно сформулировать свое доказательство в письме к Вольфгангу. Правда, одновременно с этим и состояние моего здоровья снова так ухудшилось, что врач посоветовал мне уехать из Геттингена и пожить до основательного выздоровления в Асконе у озера Лого Маджоре на попечении Элизабет. Переписка, которую я вел с Вольфгангом из Асконы, до сих пор остается для меня ужасным воспоминанием. С обеих сторон велась ожесточенная борьба, с крайним напряжением мы стремились к математической ясности. Мое доказательство сначала было еще не во всех пунктах прозрачным, и Вольфганг не мог понять, куда я клоню. Снова и снова пытался я детально изложить свои соображения, и снова и снова Вольфганг возмущался тем, что я не хочу учитывать его критику. В конце концов он почти потерял терпение и написал мне: «Это твое письмо никуда не годится. Почти все в нем я считаю безнадежно ошибочным... Ты просто повторяешь свои навязчивые идеи и ложные умозаключения, как если бы я ничего тебе не писал. Я поэтому только потерял время и должен теперь прервать наш спор...» Но я не мог уступить, и, хотя моя болезнь то и дело вспыхивала снова, вызывая приступы головокружения и депрессию, я хотел добиться полной ясности. В конце концов мне удалось — почти за шесть недель крайнего напряжения — пробить брешь в обороне Вольфганга. Он понял, что я не вхожу в общее решение поставленной проблемы, а занят только специальной группой решений, и что только в отношении этой специальной группы я отстаиваю возможность физической интерпретации для своей математической модели. Так был сделан первый шаг к соглашению, и после проработки разных математических подробностей мы в конце концов убедились, что вполне поняли проблему. Таким образом, необычная математическая схема, которую я хотел положить в основу теории элементарных частиц, не содержала по крайней мере бросающихся в глаза внутренних противоречий. Конечно, это еще не доказывало ее действительной применимости. Однако существовали другие причины считать, что решения нужно искать именно в данном пункте, и я теперь мог продолжать работу во взятом направлении. По возвращении из Асконы я был еще раз вынужден тщательно обследоваться в университетской клинике в Цюрихе. Я использовал этот повод для встречи с Вольфгангом, кото-

рая теперь протекала вполне мирно, так что Вольфганг в заключение констатировал только «скучное единодушие». Таким образом, «асконская битва», как мы позднее в шутку называли наш спор в письмах, пришла к своему концу и принесла плоды.

Последующие недели я провел в Урфельде в нашем старом доме на Вальхензее и отдохнул там намного лучше, чем раньше в Асконе. Вернувшись в Геттинген, я узнал, что политическая полемика по вопросу об атомном вооружении достигла критической остроты. Федеральное правительство не пожелало перед нами, физиками, связать себя в вопросе об атомном оружии определенным курсом. Это было понятно, однако увеличивало наше опасение, что будет избрано неверное направление. Но потом Аденауэр в одной публичной речи заговорил о том, что атомное оружие в принципе представляет собой просто усовершенствование и усиление артиллерии и что по сравнению с обычным вооружением речь идет лишь о количественном различии. Подобное изложение дела показалось нам далеко выходящим за рамки терпимого. Оно было призвано чуть ли не навязать немецкому населению совершенно ложный взгляд на действие атомного оружия. Поэтому мы сочли себя обязанными действовать, и Карл Фридрих высказал мнение, что нужно выступить с заявлением перед общественностью.

Мы быстро сошлись в том убеждении, что оно не должно быть благодушной манифестацией общего характера в пользу мира и против атомной бомбы. Мы должны были поставить перед собой совершенно определенные цели, при данных обстоятельствах, по-видимому, вполне осуществимые. Две цели напрашивались здесь сами собой. Во-первых, надлежало полностью проинформировать немецкое население относительно действия атомного оружия, воспрепятствовать всяким попыткам замаскировать или приукрасить его. Во-вторых, следовало добиваться изменения позиции федерального правительства об атомном вооружении. Поэтому заявление должно было ограничиваться лишь Федеративной Республикой, и мы должны были со всей ясностью сказать, что обладание атомным оружием для Федеративной Республики означает не повышение безопасности, а увеличение угрозы. Что думают об атомном оружии другие правительства или народы, должно было оставаться для нас в данном случае совершенно безразличным. Наконец, мы считали, что нашему заявлению придаст вес то, что мы лично свяжем себя обязательством отказаться от любого участия в работе над атомным оружием. Подобный отказ был для нас естественен уже потому, что и во время войны — конечно, благодаря тому, что нам очень повезло — мы тоже отделались от работы над атомным оружием. Карл Фридрих обсудил все подробности с нашими друзьями. Поскольку я еще вынужден был придерживаться щадящего режима, от большинства встреч и переговоров меня освобождали. Текст заявления был затем составлен Карлом Фридрихом и после внесения поправок на общем совещании одобрен всеми восемнадцатью геттингенскими физиками.

Текст заявления был опубликован в печати 16 апреля 1957 года и, по-видимому, произвел сильное впечатление на общественность. Уже через несколько дней мы, по всей вероятности, были близки к достижению нашей первой цели, потому что ни с какой стороны не делалось серьезных попыток умалить воздействие атомного оружия. Позиция федерального правительства была неоднозначной. Аденауэр, похоже, был задет акцией, которая грозила расстроить тщательно продуманный им политический курс, и пригласил нескольких геттингенцев, среди них и меня, на совещание в Бонн. Я отказался, потому что не мог себе представить, чтобы новый обмен мнениями был в состоянии привести к сближению позиций, да и по состоянию здоровья я не чувствовал себя способным к упорному спору. Аденауэр позвонил мне, желая меня переубедить, и произошла продолжительная политическая полемика, которая, как мне кажется, в существенных чертах сохранилась у меня в памяти.

Аденауэр прежде всего указал на то, что до сих пор мы по всем принципиальным вопросам хорошо понимали друг друга, что для мирной атомной техники в Федеративной Республике сделано многое и что наше геттингенское воззвание в значительной мере основано на недоразумении. Было ясно, что он считает себя вправе требовать от нас, чтобы мы внимательно прислушивались к аргументам, побудившим его стремиться обеспечить для себя в вопросе об атомном оружии большую свободу действий. Он надеялся также, что если эти аргументы станут нам известны, то мы быстро придем к соглашению, и он был очень заинтересован в том, чтобы это соглашение стало затем известно общественности. Я отвечал, что был болен и еще не чувствую себя достаточно окрепшим для спора по столь серьезному вопросу, как атомное оружие. Мне не кажется также, что сближение здесь столь легко осуществимо. Доводы, припасенные для нас, едва ли могли касаться чего-либо иного, кроме военной слабости Федеративной Республики, степени русского превосходства и несправедливости ожидать от американцев защиты Федеративной Республики, когда мы сами мало чем готовы жертвовать здесь со своей стороны. Но все эти аргументы мы уже основательно обсудили. Кроме того, мы, возможно, лучше, чем многие наши соотечественники, знаем об отношении к нам, немцам, в таких странах, как Англия и Америка. После моих поездок туда в прошедшие годы у меня не оставалось сомнения в том, что любое атомное оружие в бундесвере неизбежно приведет к буре протестов, особенно в Америке, и неизбежное тогда ухудшение и без того очень переменчивого политического климата намного перевесит всякое преимущество в военном плане.

Аденауэр отвечал, что он знает, что мы, физики, — идеалисты, которые хотят полагаться на добрые силы в людях и чураются всяких насильственных мер. Он сам сразу согласился бы с нами, если бы мы направили более общий призыв ко всем людям отвергнуть атомное оружие и стремиться к улаживанию всех конфликтов с помощью мирных средств. Он тоже этого желает. Но то, что мы написали, выглядит таким образом, будто мы ставим своей целью именно ослабление

Федеративной Республики. Во всяком случае, объективно наш призыв может этому способствовать.

Я возразил на этот упрек очень энергично, почти рассерженно. Надеюсь, сказал я, что как раз в данном случае мы поступили не как идеалисты, а как трезвые реалисты. Мы убеждены, что всякое атомное вооружение бундесвера неизбежно приведет к опасному ослаблению политического положения Федеративной Республики, и как раз та безопасность, о которой он с полным основанием столь заботится, будет крайне поколеблена атомным оружием. По моему мнению, мы живем в такое время, когда вопросы безопасности преобразились столь же радикально, как, например, при переходе от Средневековья к Новому времени, и не мешало бы сперва основательно вдуматься в это изменение, прежде чем легкомысленно следовать старым формам мышления. Цель нашего воззвания — способствовать осмыслению сложившейся тут ситуации и помешать неверной расстановке вех дальнейшего развития под влиянием тактических соображений в старом духе.

Аденауэру было трудно понять мои доводы, и ему казалось несправедливым, что небольшая группа людей, в данном случае атомные физики, берет на себя смелость вмешиваться в хорошо продуманные планы, призванные служить интересам широких политических общностей. Вместе с тем по воздействию нашего заявления на общественность он почувствовал, что мы высказали мысли, близкие значительной части немцев и многим людям в других странах, и что наши доводы нельзя просто отбросить. Он еще раз попытался склонить меня к поездке в Бонн, однако вскоре понял, что не может слишком нажимать на меня.

Не знаю, насколько в действительности Аденауэр был тогда недоволен нашей акцией. Несколько лет спустя он мне еще раз написал письмо, в котором прямо говорил, что умеет вполне уважать политическое мнение, отличающееся от его собственного. Однако, в сущности, он был скептиком, прекрасно сознававшим узость поставленных всякому политическому действию пределов. Кроме того, он немало радовался своему умению в стесненных обстоятельствах изыскивать реальные пути и расстраивался, когда эти пути оказывались труднее, чем он предполагал. Компас, служивший ему при этом руководством, не реагировал ни на старые прусские идеалы, о которых несколько десятилетий назад я разговаривал с Нильсом Бором во время пешеходной прогулки в Дании, ни на те представления о свободе, которыми жили викинги исландских саг и которые служили ориентиром для Британской империи. Свое направление он определял, скорее, исходя из римско-христианской европейской традиции, еще живой в католической церкви, и некоторых социальных учений, которые сформировались в XIX в. и в которых Аденауэр, несмотря на их коммунистические и атеистические черты, умел распознать христианское зерно. В католическом мышлении есть доля восточной философии и житейской мудрости, и, по-видимому, именно здесь Аденауэр черпал силу в трудных положениях. Мне вспоминается одна

беседа, в которой мы говорили о переживаниях во время плена. Поскольку Аденауэра одно время гестапо содержало в тесной тюремной камере с самым скудным обеспечением, тогда как я имел лишь опыт интернирования в Англии в относительно благоприятных условиях, я спросил его, тяжело ли ему пришлось в то время. Аденауэр ответил: «Ах, Вы знаете, когда человек заперт в такой тесной камере, днями, неделями, месяцами, когда одиночество не нарушается телефонными звонками и посетителями, то можно размышлять, тихонько думать о прошлом и о том, что, возможно, еще будет, в полной тишине, наедине только с самим собой, — это ведь, собственно, просто прекрасно».

ХІХ. ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ (1957—1958)

В венецианской бухте напротив Дворца дожей и Пьяцетты расположен остров Сан Джорджо. Он относится к владениям графа Чини, который содержит там школу для сирот и подкидышей, подростками обучаемых морским профессиям и художественным ремеслам; он также восстановил на острове старый бенедиктинский монастырь. Несколько великолепных помещений на первом этаже монастыря он оборудовал под комнаты для гостей. На конференции по атомной физике, состоявшейся осенью 1957 года в Падуе, несколько старейших ее участников, среди них Вольфганг и я, были приглашены графом Чини пожить на острове. Тихий монастырский двор, куда лишь очень приглушенно доносился шум порта, и совместные поездки в Падую предоставляли нам хорошую возможность для бесед об актуальных тогда проблемах нашей науки. Нас всех занимало одно открытие молодых американских физиков китайского происхождения Ли и Янга. Оба эти теоретика пришли к мысли, что симметрия между левым и правым, до того считавшаяся чуть ли не самоочевидной составной частью природных законов, может нарушаться при слабых взаимодействиях такого рода, какими вызываются явления радиоактивности²⁸. Действительно, опыты Ву позднее показали, что при радиоактивном β -распаде имеет место сильное отклонение от симметрии правого—левого²⁹. Похоже было, что излучаемые при β -распаде частицы с нулевой массой, так называемые нейтрино, существуют лишь в одной, скажем, левой форме, тогда как антинейтрино обнаруживают у себя правую форму. Свойства нейтрино интересовали особенно Вольфганга, уже потому, что он первым 20 лет назад предсказал существование нейтрино. Эти частицы давно уже были с тех пор обнаружены, однако новое открытие характерным и интригующим образом изменяло прежний образ нейтрино.

Мы, то есть Вольфганг и я, всегда держались мнения, что свойства симметрии, обнаруживаемые этими простейшими частицами с нулевой массой, одновременно являются, по-видимому, свойствами симметрии фундаментальных природных законов. И если у этих частиц отсутствует симметрия правого и левого, то следует учитывать возможность того, что и в фундаментальных законах природы симметрия правого и левого тоже принципиально отсутствует и приводит в природные законы лишь вторично, — например косвенным путем через взаимодействие и массу как его следствие. Симметрию тогда можно

было бы считать результатом последующего удвоения, что поддавалось математическому описанию в виде, скажем, двух равноправных решений одного уравнения. Эта возможность особенно привлекала нас тем, что вела к упрощению фундаментальных законов природы. Наш прежний опыт в физической науке давно уже научил нас, что там, где эксперименты обнаруживают неожиданную простоту, необходима крайняя внимательность; ибо это означает, что мы, возможно, достигли ступени, когда перед нами раскрываются широкие взаимосвязи. Итак, у нас было чувство, что за открытием Ли—Янга могут скрываться закономерности решающего значения.

Ли, один из двух авторов открытия, присутствовавший на конференции, похоже, разделял этот взгляд. Однажды я долго говорил с ним в нашем монастырском дворе о последствиях, которые надлежит вывести из обнаруженного отсутствия симметрии, и Ли высказал мнение, что важные новые истины ждут нас, возможно, «за углом». Но, разумеется, в подобных случаях никому не известно, насколько легко удастся этот угол обогнуть. Вольфганг смотрел вперед с большим оптимизмом, отчасти потому, что он особенно хорошо разбирался в математических структурах, относящихся к нейтрину, отчасти же потому, что черпал из результатов наших дискуссий во время «асконской битвы» надежду на возможность математически непротиворечивого построения релятивистской квантовой теории поля. Его особенно захватывал вышеупомянутый процесс удвоения, или раздвоения, которым, по мнению Вольфганга, представлялась возможность объяснить возникновение симметрии правого и левого, хотя пока еще не удавалось дать ему никакой математической формулировки. Раздвоение, считал он, каким-то еще не исследованным образом задним числом позволило природе ввести новое свойство — симметрии. О том, как после этого возникает нарушение симметрии, мы имели тогда еще менее ясное представление, чем о раздвоении. Но в ходе наших бесед иногда всплывала та идея, что мир в целом, т. е. космос, не обязательно должен быть симметричен по отношению к операциям, при которых природные законы остаются инвариантными, и, следовательно, наблюдаемое у нейтринно уменьшение симметричности можно, вероятно, объяснить несимметрией космоса. Все эти идеи были тогда в наших головах наверняка еще менее ясными, чем как они описаны здесь. Однако от них исходила какая-то притягательность, против которой, однажды задумавшись в этом направлении, было уже трудно устоять. Здесь заключалась их важность для будущего развития. Как-то я спросил Вольфганга, почему он придает столь большое значение процессу раздвоения, и получил примерно следующий ответ:

— В прежней физике оболочки атома еще можно было опираться на наглядные образы, заимствованные из репертуара классической физики. Принцип соответствия Бора фиксировал как раз пусть ограниченную, но применимость подобных образов. Однако уже в том, что касается оболочки атома, математическое описание происходящих в ней процессов значительно превосходило эти образы по степени своей абстрактности. Можно было даже соотносить с одним и тем

же реальным положением вещей два различных и противоречащих друг другу образа, а именно корпускулярное и волновое представления. В физике же элементарных частиц эти образы уже, по существу, совсем непригодны. Эта физика еще более абстрактна. Для формулировки природных законов здесь не остается поэтому никакой иной отправной точки, кроме свойств симметрии, воплощенных в природе, или, выражаясь иначе, преобразований симметрии (например, смещений или поворотов), которые изначально организуют пространство природы. Но тогда мы неизбежно приходим к вопросу о том, почему существуют именно такие, а не иные преобразования симметрии. Процесс раздвоения, или двуделения, как я его себе представляю, мог бы нам здесь многое объяснить, потому что он каким-то очень естественным образом расширяет пространство природы, создавая тем самым возможность новых симметрий. В идеальном случае можно было бы думать, что все реальные симметрии возникли как следствие подобных раздвоений.

Серьезную работу над этими проблемами удалось начать, естественно, лишь по возвращении с конференции. Я сосредоточил свои усилия в Геттингене на том, чтобы найти такое уравнение поля, которое описывало бы поле материи с его внутренними взаимодействиями и в компактной форме включало бы по возможности все наблюдаемые в природе свойства симметрии. В качестве модели я взял взаимодействие, которое эмпирически наблюдается при β -распаде и которое получило свою простейшую и, по-видимому, окончательную формулировку благодаря открытию Ли и Янга.

Поздней осенью 1957 года мне довелось делать доклад в Женеве о вопросах подобного рода, а на обратном пути я ненадолго остановился в Цюрихе, чтобы поговорить с Вольфгангом о своих попытках. Вольфганг поощрил меня продолжать в том же духе. Его одобрение было мне очень дорого, и в последующие недели я снова и снова исследовал различные формы, при помощи которых можно было бы представить внутреннее взаимодействие материального поля. Внезапно среди колеблющихся расплывчатых образов возникло уравнение поля с необычно высокой степенью симметрии. По своей форме оно было едва ли сложнее, чем старое уравнение Дирака для электрона, однако наряду с пространственно-временной структурой теории относительности оно включало и ту симметрию между протоном и нейтроном, которая играла столь важную роль еще в моих размышлениях на альпийском лугу Штайлер Альм в Баварии,— или, говоря математическим языком, кроме группы Лоренца содержало также группу изоспина и тем самым, похоже, действительно изображало большую часть встречающихся в природе симметрических свойств. Вольфганг, которому я написал о нем, сразу очень заинтересовался; ибо впервые было похоже на то, что здесь, пожалуй, найдены рамки, достаточно широкие, чтобы охватить весь сложный спектр элементарных частиц и их взаимодействий, и вместе с тем достаточно тесные, чтобы фиксировать в этой области все, что приходилось рассматривать не просто как случайность. И мы решили

вместе исследовать вопрос о том, нельзя ли это уравнение положить в основу единой теории поля элементарных частиц. У Вольфганга была кроме того надежда, что немногие недостающие симметрии можно будет ввести дополнительно, опираясь на процесс раздвоения.

С каждым своим шагом в этом направлении Вольфганг приходил в состояние все большего воодушевления. Никогда раньше и никогда позже в жизни не видел я Вольфганга в таком возбуждении от событий в нашей науке. Если в предшествовавшие годы он критически и скептически противостоял всем попыткам теоретизирования, относившимся, правда, лишь к частичному упорядочению физики элементарных частиц, а не к связи целого, то теперь он был полон решимости с помощью нового уравнения поля сформулировать саму универсальную взаимосвязь. У него появилась твердая надежда, что это уравнение, являющееся по своей простоте и высокой симметрии уникальным образованием, должно стать верной отправной точкой для единой теории поля элементарных частиц. Я тоже был захвачен новой возможностью, которая походила на давно искомый ключик к двери, закрывавший до тех пор доступ в мир элементарных частиц. Я видел, правда, и то, сколько еще трудностей нужно преодолеть до достижения желанной цели. Незадолго перед рождественскими праздниками 1957 года я получил от Вольфганга письмо, содержащее много математических частных, но вместе с тем и выражавшее приподнятость его настроения в те дни:

«...Раздвоение и уменьшение симметрии, вот где зарыт фаустов пудель. Раздвоение — очень старый атрибут черта (недаром он всегда морочит нас раздвоенностью сомнения). В одной пьесе Бернарда Шоу епископ говорит: «A fair play for the devil please»*. Поэтому ему не следует отсутствовать и на рождественных праздниках. Оба божественных мироправителя — Христос и черт — должны только заметить, что они за последнее время стали намного симметричнее. Не говори, пожалуйста, этих ересей своим детям, но барону фон Вейцзеккеру можешь их рассказать. Теперь-то мы напали на след. С самым сердечным приветом, Вольфганг Паули».

В письме, написанном около восьми дней спустя, сразу вслед за приветствием стоит: «Всего доброго тебе и твоей семье в Новом году, который, надеюсь, принесет с собой полное прояснение физики элементарных частиц». И далее Вольфганг пишет:

«Картина меняется с каждым днем. Все движется. Пока еще нельзя публиковать, но это будет нечто прекрасное. Нельзя пока даже и предвидеть, что тут может обнаружиться. Пожелай мне успешно научиться ходить». И он цитирует: «Вновь разума мы слышим слово, опять цветет надежда нам, к ключам живым мы рвемся снова, ах, к жизни плещущим ручьям**...» Приветствуй рассвет, когда начнется 1958 год, до восхода солнца... На сегодня кончаю. Материал тут много чего дает. Ты сам теперь многое разыщешь... Ты заметишь, что пудель сорвался с цепи. Он показал, где он был зарыт:

* «Будем порядочными в обращении с дьяволом» (англ.).

** Goethe, Faust, I, 1198—1201.

раздвоение и уменьшение симметрии. Я тогда встретил его своей антисимметрией — обошелся с ним по правилам fair play — после чего он тихонько растворился в облаках... Громкие тосты к Новому году. Мы зашагаем к нему навстречу. It's a long way to Tipperary, it's a long way to go*. С сердечнейшим, твой Вольфганг Паули».

Эти письма содержали, конечно, и много физических и математических подробностей, но здесь не место их воспроизводить.

Через несколько недель Вольфганг был вынужден отправиться в Америку, где он обязался читать лекции в течение трех месяцев. Мне было неприятно думать, что в этом возбужденном состоянии незавершенного развития мысли Вольфганг подставит себя трезвому прагматизму американцев. Я попытался отговорить его от поездки. Но изменить планы было уже нельзя. Мы успели еще подготовить проект совместной публикации, который, по обыкновению, был послан нескольким близким и особенно заинтересованным в этом предмете физикам. Но потом между нами пролегал довольно-таки широкий Атлантический океан, и письма от Вольфганга стали приходиться реже. Мне казалось, что я слышу в них отзвук усталости и отрешенности, но в substance дела Вольфганг придерживался взятого курса. Вдруг он написал мне довольно резковато, что решил впредь не участвовать ни в разработке темы, ни в публикации и что он уже сообщил физикам, получившим текст нашей готовящейся статьи, о своем теперешнем несогласии с ее содержанием. Мне он предоставлял полную свободу делать с достигнутыми до сих пор результатами все, что мне угодно. Затем переписка на долгое время прекратилась, и мне не удалось получить от Вольфганга более подробных сведений об изменении его взглядов. Я полагал, что решимость Вольфганга надломилась из-за туманности всей нашей мыслительной постройки. Но в его поведении для меня оставалось много прямо-таки непонятного. Все неясности мною, разумеется, осознавались; но ведь мы и в прежние времена не раз искали вместе путь в тумане, и мне такие ситуации в исследовании всегда казались как раз самыми интересными.

Снова я встретился с Вольфгангом на одной конференции, которая состоялась в 1958 году в Женеве и на которой мне пришлось делать сообщение о тогдашнем состоянии нашего анализа единого уравнения поля. Вольфганг почти враждебно напал на меня. Он критиковал отдельные детали нашего анализа даже там, где его критика казалась мне неоправданной, а на принципиальный разговор о нашей проблеме он упорно не хотел идти. Несколькими неделями спустя у нас была новая встреча, несколько более длительная, в Варенне на озере Комо. Там на одной вилле, из поднимающегося террасами сада которой можно обозреть большую часть озера в его средней части, регулярно проводятся летние школы, и поскольку в данном случае их тема касалась физики элементарных частиц, мы с Вольфгангом входили в число приглашенных гостей. Теперь Вольфганг снова встретил меня по-дружески, почти как раньше. Но он стал

* «Долог путь до Типперери, долго нам еще идти» (англ. солдатская песня).

как бы другим человеком. Мы часто ходили взад и вперед по обсаженному розами каменному парапету, отделявшему парк от озера, или сидели на скамье среди цветов, глядя поверх голубой глади вод на гребни противоположащих гор. Вольфганг еще раз заговорил о наших общих надеждах.

— По-моему, хорошо,— сказал он,— что ты продолжаешь работать над этими вопросами. Ты сам знаешь, сколько здесь надо еще сделать, но с течением лет дело продвинется. Может быть, все точно так, как мы надеялись, может быть, ты совершенно прав со своим оптимизмом. Но я уже тебе не попутчик. Моих сил больше не хватает. В прошедшее Рождество я еще верил, что как прежде могу со всей энергией вступить в этот мир совершенно нового рода проблем. Но уже не получается. Возможно, это удастся тебе, возможно, лишь твоим молодым сотрудникам. Похоже, в Геттингене у тебя в институте есть несколько замечательных молодых физиков. Мне теперь это слишком трудно, и я должен мириться с таким положением дела.

Я пытался утешить Вольфганга. Возможно, он просто немного разочарован тем, что дело продвигается не так быстро, как ему мечталось на Рождество, но глаза страшатся, а руки делают. Однако он мне не верил.

— Нет, со мной теперь все иначе, чем прежде,— только и мог он сказать.

Элизабет, поехавшая со мной в Варенну, однажды очень озабоченно высказалась о состоянии здоровья Вольфганга. У нее было впечатление, что он тяжело болен. Но я этого не сумел разглядеть. Совместные прогулки в вареннском парке так и остались последней моей встречей с Вольфгангом. В конце 1958 года я получил ужасное сообщение, что Вольфганг умер после операции, которая оказалась внезапно совершенно необходимой. У меня нет никакого сомнения, что начало его заболевания пришлось на те недели, когда он отказался от надежды на скорое завершение теории элементарных частиц. Но что здесь было причиной и что следствием, об этом я судить не смею.

XX. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ФИЛОСОФИЯ ПЛАТОНА (1961—1965)

Институт физики и астрофизики Макса Планка, созданный после войны в Геттингене мною и моими сотрудниками, осенью 1958 г. был переведен в Мюнхен, и в нашей жизни началась новая полоса. В современном просторном здании института, воздвигнутом в северной части города на краю Английского парка по планам моего старого друга по молодежному движению Сепы Руфа, новое поколение молодых физиков взялось за задачи, которые поставило перед ними развитие нашей науки. Работами над единой теорией поля элементарных частиц интересовался прежде всего Ганс-Петер Дюрр, который вырос в Германии, получил научное образование в Соединенных Штатах Америки и после довольно долгого периода работы в качестве ассистента Эдуарда Теллера в Калифорнии снова хотел трудиться в Германии. Уже в Калифорнии он слышал от Теллера о нашем старом лейпцигском кружке, а в Мюнхене ему помогли восстановить связь с традицией беседы с Карлом Фридрихом, который регулярно осенью приезжал на несколько недель в наш институт, чтобы не дать порваться нитям между философией и физикой. Так получилось, что единая теория поля в ее физических и философских аспектах часто становилась темой бесед втроем, которые Карл Фридрих, Дюрр и я вели в моем кабинете в новом институте. Одну из наших бесед надо записать здесь как пример многих других.

Карл Фридрих: «Продвинулись ли вы сколько-нибудь с вашей единой теорией поля за последний год? Не буду начинать тут сразу с философских вопросов, которые меня, по существу, больше всего интересуют. Но ведь подобная теория — это прежде всего полноценная физика. Она должна получить экспериментальное подтверждение или же быть опровергнута экспериментом. Так есть ли тут какой-нибудь прогресс, о котором вы могли бы мне рассказать. Мне особенно хотелось бы знать, не удалось ли вам разведать что-то новое по теме Вольфганга Паули: «раздвоение и уменьшение симметрии».

Дюрр: «Нам кажется, что смысл раздвоения понят нами теперь, по крайней мере в одном случае право-левой симметрии. Раздвоение действительно возникает за счет того, что в теории относительности масса элементарной частицы выражается квадратным уравнением, имеющим два решения. Но уменьшение симметрии, надо сказать, еще намного более интересно. Похоже на то, что здесь дают

о себе знать очень общие и важные взаимосвязи, на которые до сих пор никто не обращал внимания. Если ярко выраженное симметрическое свойство законов природы оказывается нарушенным в спектре элементарных частиц, то причина здесь может быть только та, что мир, или космос, т. е. единая и единственная подоснова, из которой возникают элементарные частицы, менее симметричен, чем законы природы. Это вполне правдоподобно и вяжется с уравнением симметрий поля. Из наличия такой ситуации с необходимостью следует — доказательства я сейчас не буду приводить, — что должны существовать силы большой дальности действия, или элементарные частицы с исчезающей малой массой покоя. Вероятно, таким образом следует понимать электродинамику. Таким же путем может возникать и гравитация, и мы надеемся, что здесь можно установить связь с принципами, которые Эйнштейн хотел положить в основу своей единой теории поля и своей космологии».

Карл Фридрих: «Если я вас правильно понял, вы исходите из допущения, что форма космоса еще не однозначно определена уравнением поля. Следовательно, могут существовать различные формы космоса, не противоречащие уравнению поля. А это должно как будто бы означать, что теория содержит элемент контингентности, т. е. что случай, или, лучше сказать, не поддающаяся дальнейшему объяснению единичность явлений играет в ней определенную роль. С точки зрения прежней физики тут нет ничего особенно удивительного; ведь в ней тоже изначальные условия определяются не законами природы, а контингентны, т. е. могли бы быть и иными. Да и простой взгляд на существующую форму космоса, на бесчисленные галактические системы с очень мало упорядоченным распределением звезд и звездных систем чуть ли не вынуждает думать, что все могло бы быть иначе, т. е. что количество звезд, их положение, число и размеры галактик с равным успехом могли бы быть и несколько иными при сохранении того же самого нашего мира с теми же самыми законами природы. К счастью, занимаясь спектром элементарных частиц, мы не обязаны касаться отдельных частных внутрикосмических соотношений. Но всеобщие свойства симметрии космоса, по вашему мнению, все-таки оказывают свое воздействие на этот спектр. Подобные всеобщие свойства, пожалуй, можно было бы, как и в общей теории относительности, изобразить с помощью упрощенных моделей космоса, и одни модели допускались бы основополагающим уравнением поля, другие исключались бы им. Для каждой допустимой модели спектр элементарных частиц выглядел бы несколько иначе. Тогда вы могли бы, исходя из спектра элементарных частиц, делать обратные выводы о симметриях космоса».

Дюрр: «Да, именно на это мы и надеемся. Некоторое время назад мы, например, высказали определенные предположения относительно этих свойств симметрии, опровергнутые позднее новыми опытами над элементарными частицами, после чего мы выдвинули другой предположительный ряд допущений, соответствующих экспериментальным данным. Сейчас похоже на то, что всю электроди-

намику можно было бы объяснить на основе несимметричности мира по отношению к перестановке протона и нейтрона, или, шире, по отношению к изоспиновой группе. Здесь единая теория поля пока обладает поэтому достаточной гибкостью, чтобы упорядочить наблюдаемые феномены в рамках всеобщей взаимосвязи».

Карл Фридрих: «Если задуматься дальше в этом направлении, то мы приходим к одному очень интересному и трудному вопросу. Мне кажется, что в сфере контингентности или случайности, следует проводить принципиальное различие между уникальным и случайным. Космос в целом совершенно уникален (единичен). У его истоков стоят уникальные (единичные) решения относительно свойств космической симметрии. Затем образуются многие галактики и многие звезды, и там имеют место повторяющиеся аналогичные решения, которые в известном смысле, именно ввиду их огромного разнообразия и повторяемости, можно назвать случайными. Только здесь впервые начинают действовать статистические правила квантовой механики. Правда, применение временных концептов в выражениях «у его истоков», «затем» очень проблематично, потому что само понятие времени ведь приобретает отчетливый смысл лишь благодаря модели космоса. Но сейчас, пожалуй, можно пока этого не касаться. К единичным решениям, имеющим место, так сказать, в начале, относятся и те самые природные законы, которые вы хотите описать в вашем уравнении поля. Ибо мы все-таки вправе спросить, почему законы природы имеют конкретно данный, а не какой-то иной вид; равно как мы вправе спросить, почему космос имеет как раз такие вот симметрические свойства и никаких других. Возможно, на подобные вопросы не существует ответа. Но меня не удовлетворяет простое принятие вашего уравнения поля, даже если оно отличается от всех других возможных здесь математических форм своей высокой симметрией и простотой. Не удастся ли придать вашему уравнению поля еще более глубокий смысл, привлекая идеи Паули о процессе раздвоения и уменьшения симметрии?»

— Этого я ни в коем случае не исключаю, — отвечал я. — Но мне хотелось бы сейчас еще больше подчеркнуть неповторимость, уникальность тех первых решений. Этими решениями раз и навсегда фиксируются симметрии, устанавливаются формы, определяющие почти все последующее развитие природы. «В начале была симметрия» — идея, безусловно, более правильная, чем демокритовский тезис «в начале была частица». Элементарные частицы являются воплощениями симметрий, их простейшими выражениями, однако они — лишь следствие симметрий. В позднейшем развитии космоса вступает в действие случай. Но и случай соотносится с изначально установленными формами, соответствует статистическим законам квантовой теории. В ходе последующего, все более усложняющегося развития исходная ситуация может повториться еще раз. Снова в силу неповторимых решений могут быть установлены формы, далеко опережающие все будущие события. Похоже, так произошло, например, при возникновении живых существ; и я нахожу здесь край-

не перспективными открытия современной биологии. Специфика геологических и климатических условий на нашей планете привела к возникновению сложных химических соединений углерода, сделала возможными цепные молекулы, способные хранить информацию. Нуклеиновые кислоты оказались удобным запоминающим устройством для хранения информации о структуре живых существ. Тут имело место решение уникального рода, сложилась единая форма, определяющая всю последующую биологию на Земле. А в дальнейшем развитии снова важную роль играет случайность. Если на какой-то планете другой звездной системы возникли те же климатические и геологические условия, что и на нашей Земле, и если там углеродная химия тоже привела к образованию цепных молекул нуклеиновой кислоты, мы все равно не вправе считать, что там возникли в точности те же живые существа, как у нас. Но они обязательно должны быть построены вокруг той же основополагающей структуры нуклеиновых кислот. И я не могу здесь не вспомнить о естествознании Гёте, выведшего всю ботанику из одного прарастения. Прарастение у Гёте должно было, наверное, как-то объективно существовать, но вместе с тем оно означает и ту основополагающую структуру, по типу которой построены все растения. В близком к Гёте смысле можно было бы назвать нуклеиновые кислоты «праорганизмами», потому что они, с одной стороны, объективно существуют, а с другой — представляют собой основополагающую структуру всей биологии. Пользуясь подобными выражениями, мы, естественно, попадаем в сферу платоновской философии. Элементарные частицы можно сравнить с правильными объемами телами в платоновском «Тимее». Они первообразы, идеи материи. Нуклеиновая кислота — идея живого существа. Этими первообразами определяется все происходящее в природе. Они — представители центрального порядка. И если даже позднее в развитии всего множества природных форм важную роль играет случай, то не исключено, что и сама случайность как-то соотносится с центральным порядком.

Карл Фридрих: «Меня тут не устраивает словечко «как-то». Ты не мог бы точнее объяснить, что ты имешь в виду? Является ли случайность, на твой взгляд, совершенно бессмысленной? Является ли она, так сказать, простой исполнительницей того, что законы квантовой теории в своих математических формулировках говорят о статистической вероятности процессов, происходящих в природе? Твои тезисы часто звучат так, словно ты, в добавление ко всему прочему, считаешь возможной еще и какую-то соотнесенность всего в природе с неким целым, о котором можно сказать, что оно придает смысл каждому отдельному событию».

Дюрр: «Всякое отклонение от статистических правил квантовой механики сделало бы непонятным, почему остальные феномены не выходят из рамок квантовой теории. Подобные отклонения следует на основании имеющихся в настоящее время данных считать совершенно невозможными. Но, по-видимому, вы этого и не имели в виду. Вопрос касается, наверное, только событий или решений, которые

по своей сути единичны, т. е. в которых не имеет место статистическое распределение. С другой стороны, слово «смысл», которое вы применили в своей формулировке, выводит весь этот вопрос из компетенции естествознания».

Тут беседа пока прервалась. Но спустя несколько дней она получила продолжение в дискуссиях, на которых я присутствовал преимущественно как слушатель. В Институте Макса Планка по исследованию поведения, расположенном на небольшом лесном озере в холмистой местности между Штарнбергерзее и Аммерзее, Конрад Лоренц и Эрих фон Хольст вместе со своими сотрудниками занимались поведением местного животного мира. Они «разговаривали» — так гласит заглавие одной из книг Лоренца³⁰ — со скотом, птицами и рыбой. Регулярно осенью в этом институте проводился коллоквиум, на котором биологи, философы, физики и химики вели дискуссии по принципиальным, преимущественно гносеологическим проблемам биологии. Для простоты его несколько шутливо называли «коллоквиум о теле и душе». Я иногда принимал участие в этих беседах, почти всегда только слушая, из-за недостаточности своих биологических познаний. Но я пытался чему-то научиться из дискуссий биологов. Вспоминаю, что в тот день речь шла о дарвинистской теории в ее современной форме — «случайные мутации и отбор» и что для обоснования этого учения привлекалось следующее сравнение: возникновение видов аналогично возникновению человеческих орудий. Скажем, вначале для передвижения по воде была изобретена гребная лодка, и озера и берега морей были усеяны такими лодками. Потом кто-то додумался использовать при помощи паруса силу ветра, и на большинстве водных пространств гребные лодки были вытеснены парусными. Наконец, была сконструирована паровая машина, и пароходы на всех морях взяли верх над парусниками. Результаты неадекватных попыток очень быстро аннулируются по мере развития техники. Так, в осветительной технике лампа Нернста почти сразу же вытеснена электрической лампочкой накаливания. Сходным образом надо якобы понимать и процесс отбора между разными видами живых существ. Мутации происходят чисто случайно, как то и предусматривает квантовая теория, а процесс селекции не санкционирует большинство этих предпринимаемых природой попыток. Сохраняются лишь немногочисленные формы, доказавшие свою жизнеспособность при данных внешних обстоятельствах.

При продумывании этой аналогии мне пришло на ум, что описанный процесс в технике в одном решающем пункте прямо противоречит дарвиновскому учению, а именно там, где в теории Дарвина на сцену выступает случайность. В самом деле, разнообразные человеческие изобретения возникают как раз не случайно, а в результате целенаправленной работы мысли. Я попробовал представить себе, что получится, если провести здесь аналогию с большей последовательностью, чем того хотели придумавшие ее, и что тогда придется поставить на место дарвиновского случая. Не придется ли тут задуматься о понятии «намерение»? Собственно говоря, мы по-

нимаем слово «намерение» только когда оно относится к человеку. В крайнем случае мы можем приписать его разве что собаке, прыгнувшей на кухонный стол с «намерением» сожрать колбасу. Но имеет ли бактериофаг, приближающийся к бактерии, намерение проникнуть в нее, чтобы увеличиться там в объеме? А если мы даже и тут готовы сказать «да», то, пожалуй, и генной структуре можно приписать намерение измениться таким образом, чтобы добиться лучшей приспособленности к окружающим условиям? По-видимому, тут мы злоупотребляем словом «намерение». Но, пожалуй, можно было бы выбрать для этого вопроса более сложную формулировку: способно ли нечто потенциальное, а именно подлежащая достижению цель, влиять на причинно-следственный процесс? Тем самым мы, однако, снова возвращаемся почти что в сферу квантовой теории. Ведь волновая функция квантовой теории изображает потенциальное, а не фактическое. Иначе говоря: возможно, случайность, играющая в дарвиновской теории столь важную роль, является чем-то более сложным и тонким, чем кажется на первый взгляд, причем именно потому, что она подчиняется законам квантовой механики.

Цепь моих размышлений была прервана тем обстоятельством, что в ходе дискуссии возникло значительное расхождение мнений относительно значения квантовой теории в биологии. Почвой для подобных расхождений является, как правило, то, что биологи в своем большинстве всегда готовы признать неременную необходимость квантовой теории для понимания атомного и молекулярного мира, однако у них всегда сохраняется при этом желание рассматривать элементы химии и биологии, т. е. атомы и молекулы, по аналогии с предметами классической физики, представляя их в виде камней или песчинок. Подобный подход часто действительно ведет к верным результатам, и все же следует помнить о том, что понятийная структура квантовой теории совсем иная, чем в классической физике. Поэтому, продолжая мыслить в понятиях классической физики, нетрудно прийти к совершенно ложным выводам. Впрочем, здесь не место излагать эту часть дискуссий «коллоквиума о теле и душе».

В моем мюнхенском институте подобралась группа молодых физиков, продолжавшая систематически работать над проблемами, которые были поставлены единой теорией поля элементарных частиц. Бурные споры, будоражившие нас в первые годы, давно уже уступили место более спокойным обсуждениям. Дело шло теперь о том, чтобы шаг за шагом углубляться в теорию, пытаясь по мере возможности нарисовать в ее рамках связную картину отдельных явлений. Эксперименты, проводившиеся на больших ускорителях в Женеве и Брукхейвене, давали новые сведения об отдельных деталях в спектре элементарных частиц, и надо было проверять, соответствуют ли эти данные положениям теории. По мере того как с течением лет единая теория поля приобрела осязаемый физический облик, Карл Фридрих проявлял все больший интерес к ее философскому обоснованию. Старая тема Вольфганга Паули — раздвоение и уменьшение симметрии — никоим образом еще не была исчерпана. Рассмотрен-

ный Дюрром пример симметрии правого и левого был всего лишь специальным случаем, едва ли позволявшим увидеть существенные черты проблемы. Карл Фридрих предпринял теперь серьезную попытку проникнуть в суть всей проблематики.

Наши беседы в те годы нередко происходили в Урфельде. Мы дожили до более мирных и спокойных времен, мы могли теперь в выходные дни и в отпускные месяцы чаще возвращаться в свой дом на Вальхензее. Сидя на террасе перед домом, можно было видеть, как озеро и горы сияют красками, вдохновившими 40 лет назад Ловиса Коринта на его пейзажи, и лишь изредка еще мелькал перед моим мысленным взором совсем другой образ из последних дней войны: американский полковник Пэш пригнулся за стеной террасы с автоматом наизготовку, со стороны дороги гремят выстрелы, а дети должны ждать в подвале за мешками с песком, что произойдет дальше. Но те тревожные времена прошли, и мы могли в покое думать о великих вопросах, поставленных Платоном и теперь, возможно, нашедших свое решение в физике элементарных частиц.

Посещая нас, Карл Фридрих объяснял мне основную идею своей попытки: «Всякое осмысление природы неизбежно движется большими кругами или по спирали; в конце концов, мы можем понять что-то в природе, только если мы размышляем о ней, а ведь во всех способах своего поведения, в том числе и в своей мысли, мы вышли из природы и продолжаем ее историю. Начинать поэтому можно, в принципе, откуда угодно. Но наша мысль устроена так, что нам кажется целесообразным начинать с самого простого, а самое простое — это всегда альтернатива: да или нет, бытие или небытие, добро или зло. Пока подобная альтернатива осмысливается так, как это обычно происходит в повседневной жизни, она остается бесплодной. Однако мы ведь знаем из квантовой теории, что в ситуации альтернативы помимо ответов «да» и «нет» существуют еще и другие ответы, находящиеся к этим двум в отношении дополнительности; в них устанавливается вероятность ответов «да» и «нет» и сверх того фиксируется известная область интерференции между «да» и «нет», тоже обладающая информационной ценностью. Существует, таким образом, целый континуум потенциальных ответов. Выражаясь математически, мы имеем здесь непрерывную группу линейных преобразований двух сложных переменных. В этой группе заранее уже содержится лоренцова группа теории относительности. Спрашивая о том или ином из этих потенциальных ответов, верен он или неверен, мы тем самым задаемся вопросом о пространстве, сродном пространственно-временному континууму действительного мира. В этом плане я хотел бы развернуть структуру, которую вы фиксируете в уравнении поля и которая в известном смысле дает как бы первую разметку мира, в виде взаимоналожения альтернатив».

— Для тебя, стало быть, существенно то, — заметил я, — что деление, о котором говорил Паули, не есть деление на две взаимноисключающие части, как в аристотелевской логике, и противоположности здесь находятся в существенном смысле в отношении

дополнительности. Раздвоение в аристотелевском смысле действительно было бы, как справедливо писал Паули, атрибутом дьявола; непрестанно повторяясь, оно ведет лишь в хаос. Но третья возможность, выявляемая отношением дополнительнойности в квантовой теории, может оказаться плодотворной и ведет при своем повторяющемся воспроизведении в пространство действительного мира. Не случайно в старой мистике число «три» связывают с божественным началом. Чтобы не углубляться в мистику, можно вспомнить о гегелевской триаде: тезис—антитезис—синтез. Синтез не обязательно должен быть смесью, компромиссом между тезисом и антитезисом, но плодотворным он становится только тогда, когда из связи тезиса и антитезиса возникает что-то качественно новое.

Карла Фридриха это удовлетворило лишь наполовину; «Да, это все очень красивые общие философские идеи, но мне хотелось бы более точного знания. Я надеюсь, что на этом пути можно прийти к реальным законам природы. Ваше уравнение поля, о котором еще с полной достоверностью не известно, правильно ли оно описывает природу, выглядит так, словно его можно было вывести из такой философии альтернатив. Но тогда должен существовать способ доказать это с принятой в математике степенью строгости».

— Выходит, ты хотел бы,— вставил я,— выстроить элементарные частицы, а с ними в конечном счете и мир, из альтернатив таким же образом, как Платон хотел выстроить свои правильные объемные тела и тем самым мир из треугольников. Альтернативы настолько же нематериальны, как и треугольники в платоновском «Тимее». Но если исходить из логики квантовой теории, то альтернатива будет той основополагающей формой, из которой через повторение возникают другие, более сложные формы. Если я правильно тебя понял, путь ведет здесь от альтернативы к симметрической группе, т. е. к определенному свойству; представители одного или многих свойств — математические формы, отображающие элементарные частицы, они, так сказать, идеи элементарных частиц, которым в конечном счете соответствует материальная частица как объект. Эта универсальная конструкция мне понятна. Причем альтернатива есть гораздо более фундаментальная структура нашей мысли, чем треугольник. Но математически точное осуществление твоей программы представляется чрезвычайно трудным. Ибо оно требует такой высокой абстракции мысли, какой до сих пор, по крайней мере в физике, еще никогда не было. Мне это было бы явно не под силу. А вот нашему молодому поколению абстрактное мышление дается легче. Так что ты обязательно должен предпринять эту попытку вместе со своими сотрудниками.

Тут в беседу включилась Элизабет, прислушивавшаяся к нам издали: «Вы думаете, вам удастся заинтересовать молодое поколение такими трудными проблемами, касающимися мироздания? Если судить по тому, что вы иногда рассказываете о физике в больших исследовательских центрах здесь или в Америке, то создается впечатление, что как раз у молодого поколения все интересы обращены к частностям, словно на изучение широких мировых взаимо-

связей наложено какое-то табу. О них не принято говорить. Не происходит ли сейчас с физикой то же, что с астрономией на исходе античности, когда все довольствовались вычислением солнечных и лунных затмений методом наложения циклов и эпициклов и забыли за таким занятием гелиоцентрическую планетную систему Аристарха? Не случится ли так, что интерес к вашим общим вопросам полностью угаснет?» Но я не хотел здесь быть таким пессимистом и возразил: «Интерес к частностям хорош и необходим, потому что мы в конечном счете хотим знать, как все обстоит на деле. Ты помнишь, что Нильс тоже всегда любил цитировать этот стих: «Лишь полнота ведет к ясности». И табу на проблемы мировой взаимосвязи меня не так уж расстраивают. Ведь табу вводится не для того, чтобы запретить вещь, о которой не принято говорить, а для того, чтобы защитить ее от болтовни и насмешек большинства. С незапамятных времен обоснованием табу было то же самое, что и у Гёте: «Только мудрому откройся, ведь толпа лишь насмеется...» Так что не надо восставать против табу. Снова и снова будут появляться молодые люди, задумывающиеся о великих взаимосвязях уже потому, что хотят во всем быть честными; и дело вовсе не в том, много их или мало».

Кто раздумывает о философии Платона, тот знает, что мир определяется образами. Пусть поэтому и мое описание этих бесед завершится образом, неизгладимо запечатлевшимся в моей памяти последних мюнхенских лет. Мы вчетвером, Элизабет, два наших старших сына и я, ехали по пышно цветущим лугам через холмы между Штарнбергерзее и Аммерзее в Зеевизен, чтобы посетить Эриха фон Хольста в Институте Макса Планка по исследованию поведения. Эрих фон Хольст был не только отличным биологом, но и хорошим альтистом и скрипичным мастером, и мы хотели попросить у него совета о музыкальном инструменте. Сыновья, в то время молодые студенты, захватили с собой скрипку и виолончель на случай, если представится возможность помузицировать. Фон Хольст показал нам свой дом, который он с художественным вкусом и фантазией спроектировал и построил во многом собственными руками, и провел нас в просторную гостиную, куда в этот солнечный день через распахнутые окна и двери балкона широким потоком вливался свет. При взгляде наружу взор падал на ярко-зеленые буки под синим небом, на фоне которого носились в воздухе пернатые, опекаемые зеевизенским институтом. Фон Хольст достал свой альт, сел между двумя молодыми людьми и начал играть с ними ту написанную молодым Бетховеном серенаду в ре-мажоре, которая бурлит жизненной силой и радостью и в которой доверие к центральному порядку повсюду берет верх над малодушием и усталостью. И когда я ее слушал, то в ней воплотилась для меня уверенность, что, пока существует человек, всегда будет продолжаться это — жизнь, музыка, наука, — пусть даже мы сами лишь краткое время можем участвовать в общей работе, — по словам Нильса, всегда одновременно и зрители, и действующие лица в великой драме жизни.

1. Гейзенберг ссылается здесь на распространенную в философских источниках XVIII столетия «окказионалистскую» гипотезу, и прежде всего на проведенный Н. Мальбраншем в его «Разысканиях истины» (N. Malebranche. De la recherche de la vérité. Paris, 1675, vol. 2) анализ имеющихся воззрений на способ возникновения представлений в человеческом сознании. «Самое распространенное воззрение — это воззрение перипатетиков, которые утверждают, что внешние предметы отбрасывают от себя чувственные образы, подобные им, и что эти чувственные образы передаются внешними чувствами общему чувству; они называют эти чувственные образы внешними впечатлениями... (Они) превращаются деятельным и действующим умом в умопостигаемые и могут быть восприняты умом страдательным. Одухотворенные таким путем, эти чувственные образы называются внутренними впечатлениями... посредством их страдательный разум и познает все материальные вещи» (Н. Мальбранш. Разыскания истины. Перевод с французского Е. Б. Смеловой под редакцией Э. Л. Радлова. СПб, 1906, т. 2, с. 5; далее излагается ряд доводов, доказывающих, по мнению Мальбранша, несостоятельность данного «перипатетического» воззрения, так же как и его альтернативы, согласно которой «наша душа имеет силу создавать идеи вещей, о которых она хочет думать, и побуждается она к тому впечатлениями, производимыми предметами на тело», с. 8). Третий из рассматриваемых Мальбраншем и перечисленных Гейзенбергом (от лица Роберта) предположительных способов образования представления сформулирован Мальбраншем в виде допущения, что бог «...может заставить духов видеть все вещи, желая просто, чтобы они созерцали то, что находится... в нем самом и что имеет отношение к этим вещам и представляет их» (с. 20). Признавая справедливой лишь эту последнюю точку зрения, Мальбранш рассматривает, однако, еще две альтернативы, упущенные в гейзенберговском тексте: относительно того, что все представления являются врожденными (с. 14—16), что «разум для созерцания предметов нуждается только в самом себе, что он может, рассматривая себя и свои собственные совершенства, открыть все вещи, находящиеся вовне» (с. 16). Эти априористические воззрения в конечном счете также отвергаются Мальбраншем в ходе его анализа.

2. В платоновском «Тимее» содержится ранняя попытка синтеза абстрактно истолковываемого античного корпускуляризма с древнейшим учением о четырех стихиях или первоэлементах космоса. Частица каждого первоэлемента (огня, земли, воды, воздуха) «конструируется» Платоном как определенный способ соединения взятых за исходные простейших фигур: прямоугольных треугольников, у которых гипотенуза вдвое длиннее меньшего катета, и их комбинаций, например квадратов, равносторонних треугольников (образуемых попарным сложением упомянутых прямоугольных треугольников), далее объемных углов и т. д. В результате Платон получил стереометрическую схему строения первоэлементов: «Земле мы, конечно, припишем вид куба: ведь из всех четырех родов наиболее неподвижна и пригодна к образованию тел именно земля, а потому ей необходимо иметь самые устойчивые основания. Между тем не только из наших исходных треугольников равносторонний, если взять его как основание, по природе устойчивее неравностороннего, но и

* Составлены Б. А. Старостиним.

образующийся из сложения двух равносторонних треугольников квадрат с необходимостью более устойчив, нежели равносторонний треугольник, причем соотношение это сохраняет силу как для частей, так и для целого. Значит, мы не нарушим правдоподобия, если назначим этот удел земле, а равно и в том случае, если наименее подвижный из остальных видов отведем воде. наиболее подвижный — огню и средний — воздуху; далее, наименьшее тело — огню, наибольшее — воде, а среднее — воздуху и, наконец, самое остроугольное тело — огню, следующее за ним — воздуху, а третье — воде. Но из всех вышеназванных тел наиболее подвижно то, у которого наименьшее число оснований, ибо оно со всех сторон имеет наиболее режущие грани и колющие углы, а к тому же оно и самое легкое, коль скоро в его состав входит наименьшее число исходных частей. То тело, которое обладает такими же свойствами, но второго порядка, и место займет второе, а то, которое обладает третьим порядком этих свойств — третье. Пусть же образ пирамиды, рожденный объемным, и будет, в согласии со справедливым рассуждением и с правдоподобием, первоначалом и семенем огня; вторым по рождению мы назовем воздух; третьим же — воду» (Платон. Сочинения в трех томах. М.: Мысль, 1971, т. 3, ч. 1, с. 498, перев. С. С. Аверинцева).

3. См. предыдущее примечание.

4. H. Weyl. Raum, Zeit, Materie. Berlin. 1918. (Впоследствии книга многократно переиздавалась, в том числе в переводах на английский и французский языки.)

5. Имеется в виду данное Ф. Линдеманом в 1882 г. доказательство трансцендентности числа π , из которого вытекала невозможность (равносильного квадратуре круга) построения отрезка длиной $\sqrt{\pi}$. См. подробнее: Г. И. Дринфельд. Трансцендентность чисел π и e . Харьков, Изд-во Харьк. гос. ун-та им. А. М. Горького, 1952.

6. Первые работы М. Планка, заключающие в себе первоначальное обоснование квантовой теории, опубликованы в немецком журнале «Анналы физики» за 1900 г. См. их русский перевод: М. П л а н к. «О необратимых процессах излучения». — В кн.: М. П л а н к. Избранные труды. М.: Наука, 1975, с. 191—233; М. П л а н к. Энтропия и температура лучистой энергии; там же, с. 234—250; М. П л а н к. К теории распределения энергии из излучения нормального спектра; там же, с. 251—257.

7. В частности, в работе: N. Bohr. On the constitution of atoms and molecules. Philosophical magazine, 1913, vol. 26, p. 1—25, 476—502, 857—875 (есть русский перевод: Н. Бор. О строении атомов и молекул. — В кн.: Н. Б о р. Избранные научные труды, т. 1. М.: Наука, 1970, с. 84—148).

8. Прежде всего с планетарной моделью атома, разработанной Э. Резерфордом в 1909—1914 гг. См. русский перевод его статьи «Строение атома» (впервые опубликована в «Philosophical magazine» в 1914 г.) в кн.: Э. Р е з е р ф о р д. Избранные научные труды. Строение атома и искусственное превращение элементов. М.: Наука, 1972, с. 238—246.

9. N. Bohr. Der Bau der Atome und die physicalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente. In: N. Bohr. Drei Aufsätze über Spektren und Atombau. Braunschweig, 1922, S. 339—374. Работа основана на докладе, прочитанном в Физическом обществе в Копенгагене в 1921 г. и в том же году опубликованном в датском журнале «Fysisk Tidsskrift» (v. 19). Ее русский перевод см. в кн.: Н. Б о р. Избранные научные труды, т. 1. М.: Наука, 1970, с. 318—375.

10. Слова Мефистофеля из «Фауста» Гете. Ч. I, сцена 3 (кабинет Фауста). Перевод Б. Л. Пастернака.

11. Пародия на известный тезис французского просветителя Ж.-Ж. Руссо о вреде наук и «искусств» (ремесел), удаливших человечество от первоизданной естественности (см.: Ж.-Ж. Руссо. Рассуждение. Способствовало ли возрождение наук и

искусств улучшению нравов?— В кн.: Ж.-Ж. Руссо. Избранные сочинения. М.: ГИХЛ, 1961, т. I, с. 43—267. Впервые опубликовано в 1750 г.).

12. Подробное изложение результатов этих исследований см. в кн.: А. Зоммерфельд. Строение атома и спектры. М.: Гостехтеориздат, 1956, т. 2, с. 610—625.

13. Сравнительно популярное изложение физических воззрений Крамерса см. в кн.: Г. А. Крамерс и Х. Гольст. Строение атома и теория Бора. М.—Л.: Госиздат, 1926 (кн. 15-я серии «Природа и культура»).

14. Заключительные слова (повторяемые хором) из «Лагеря Валленштейна», первой части поэмы-трилогии Ф. Шиллера «Валленштейн».

15. За сделанное в 1922 г. открытие этого явления (эффект Комптона) его автору в 1927 г. была присуждена Нобелевская премия по физике. Изложение соответствующих исследований можно найти в кн.: А. Комптон, С. Аллисон. Рентгеновские лучи. М.—Л., 1941.

16. Это открытие было сделано Дж. Чедвиком (Чадвиком) в 1932 г. при облучении бериллиевой мишени потоком альфа-частиц (первая публикация: J. Chadwick. Possible existence of a neutron. «Nature», 1932, vol. 129, February 27, p. 312.—Русский перевод: Дж. Чадвик. Возможность существования нейтрона.— В сб.: Нейтрон. Предыстория, открытие, последствия. М.: Наука, 1975, с. 143—144).

17. В своем предсказании существования позитрона П. А. М. Дирак основывался на идее о том, что квантовые состояния с отрицательной энергией не должны игнорироваться, как это делает классическая теория, «причем в соответствии с принципом Паули в каждом состоянии имеется один электрон. Незанятое состояние с отрицательной энергией будет выглядеть, как нечто с положительной энергией, так как для того, чтобы уничтожить его, т. е. заполнить, мы должны добавить к нему электрон с отрицательной энергией. Мы предположим, что незанятые состояния с отрицательной энергией являются позитронами» (П. Дирак. Принципы квантовой механики. М.: Наука, 1979, с. 359). См. также: P. A. M. Dirac. Théorie du positron. En: Rapports et discussions du Conseil physique de l'Institut international physique Solvay, vol. 7. Bruxelles, 1934; П. А. М. Дирак. Теория электронов и позитронов. В кн.: В. Гейзенберг, Э. Шредингер, П. А. Дирак. Современная квантовая механика. Три нобелевских доклада. Л.—М., 1934, с. 61—75. Упомянутое теоретическое предсказание позитрона, впоследствии подтвержденное экспериментально (К. Андерсоном в 1932 г.), было сделано Дираком в 1928 г. и опубликовано в журнале «Proceedings of the Royal Society», ser. A, 1928, vol. 117, p. 610; vol. 118, p. 351 (в статье под заглавием «The quantum theory of electron», т. е. «Квантовая теория электрона»).

18. В. Гейзенберг стремится отыскать в развитии Платоном диалоге «Тимей» варианте корпускуляризма исторические корни квантовой теории. Ср. выше примечание (2).

19. Вопрос о значениях термина «тао» («дао»), среди которых определенное место занимает и идея «смысла», рассмотрен в монографиях: Ян Хиншун. Древнекитайский философ Лао-Цзы и его учение. М.—Л., 1950; Ян Юнго. История древнекитайской идеологии. М., 1957.

20. Здесь и ниже В. Гейзенберг намекает на изданную немецким философом-функционалистом Гансом Файхингером в 1911 г. (написана гораздо раньше, в 1877 г.) книгу «Философия как если бы» (H. Vaihinger. Philosophie des Als Ob. Berlin, 1911).

21. Деление ядра урана открыто О. Ханом в 1938 г. совместно с Ф. Штрасманом (см.: «Успехи физических наук», 1969, т. 99, вып. 12).

22. См.: С. Пауэлл, П. Фаулер, Д. Перкинс. Исследование элементарных частиц фотографическим методом. М.: ИЛ, 1962.

23. Афористическая характеристика позиции одного из основателей современного логического позитивизма Л. Витгенштейна, приводимая в его работе «Логико-философский трактат» (М.: ИЛ, 1958; на немецком языке впервые опубликована в 1921 г. под латинизированным заглавием *Tractatus logico-philosophicus*). Критический разбор этой позиции и ее видоизменений на разных стадиях философской эволюции автора см. в кн.: А. Ф. Грязнов. Эволюция философских взглядов Л. Витгенштейна. Критический анализ. М.: Изд-во МГУ, 1985.

24. Ф. Франк считает метафизические утверждения скорее ненаучными, чем донаучными. См. следующее характерное место: «Существуют также утверждения, что философия имеет дело с гипотезами более спекулятивного характера, чем те, с которыми имеет дело наука. Я не думаю, что это верно, поскольку все гипотезы спекулятивны. Никакого различия нельзя провести между научными и спекулятивными гипотезами. Считают, что ньютоновские законы, законы электричества и т. д. являются научными и вместе с тем гипотезу о загробном существовании людей — спекулятивной. Многие пытались проверить ее экспериментально. Если ее рассматривать серьезно, то она может быть и научной гипотезой. Конечно, такая гипотеза может быть сформулирована таким образом, что она принципиально недоступна проверке. Мы можем сказать, что после смерти люди становятся духами с их особым языком и законами и без всяких средств сообщения с человеческими существами. Это ненаучная гипотеза, поскольку не существует средств ее проверки. Какого же рода эта гипотеза? Она может быть названа метафизической. Ее ненаучный характер вытекает не из того, что она фантастична, а из того, что по своему существу она не может быть проверена на опыте. Можно сказать, что все тела материальны, что никакого духа нет. Если это утверждение сформулировано так, что его нельзя проверить, то оно является метафизическим. Если же оно значит, что все факты, касающиеся мира, могут быть выведены из законов материи, т. е. электродинамики и т. д., то это научная гипотеза. Она может быть фантастическим, но не метафизическим утверждением. Тезис материализма также может иметь другое значение. Все в мире есть материя, но тем не менее мы не можем вывести все из законов механики и т. д. Такое утверждение принципиально не может быть проверено, и мы должны поэтому назвать его метафизическим». (Ф. Франк. Философия науки. Связь между наукой и философией. М.: ИЛ, 1960, с. 102—103).

25. Приведем это стихотворение (в переводе Л. Эткинды) как имеющее непосредственное отношение к тексту:

Меры мира нам даны:
Бесконечен путь длины —
Чужд ей отдых и граница,
Вечно ширина струится,
И бездонна глубина.
 Если можешь, будь таким:
 Вечно будь неутомим;
 Завершишь любое дело,
 Лишь не ведая предела.
 Пусть поможет ширина
 Мир тебе узреть сполна;
 А в глубинах мирозданья
 Обретишь ты суть познания.
 Лишь в упорстве твой успех.
Ясность — в широте таятся,
В безднах истина гнездится.

(Ф. Шиллер. Собрание сочинений в семи томах. Т. I. М.: ГИХЛ, 1955, с. 315).

26. Скрытая ссылка на тезис Л. Витгенштейна из его «Логико-философского трактата» (М.: ИЛ, 1958, § 26; ср. выше примечание 23): «О чем невозможно говорить, о том следует молчать».

27. Этот тезис сформулирован в двухтомной монографии М. Вебера «Протестантская этика и дух капитализма» (см.: M. Weber. Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus. München — Hamburg, 1965; впервые издано в 1904—1906 гг.).

28. За это выполненное в 1956 г. исследование авторам была присуждена Нобелевская премия по физике за 1957 г. См.: Ц. Д. Ли. Математические методы в физике. М.: Мир, 1965.

29. См.: Ц. Д. Ли, Ц. В у. Слабые взаимодействия. М.: Мир, 1968.

30. K. Lorenz. Er redete mit dem Vieh, den Vögeln und den Fishen. München, 1964.

ВЕРНЕР ГЕЙЗЕНБЕРГ
И ФИЛОСОФИЯ

А. В. АХУТИН

Философские воззрения В. Гейзенберга — одного из создателей квантовой теории и особого «неклассического» стиля мышления в физике — достаточно хорошо известны. Помимо ряда статей¹ в свое время был опубликован русский перевод двух основных философских книг ученого: «Философские проблемы атомной физики» (М., ИЛ, 1953) — собрание статей и выступлений Гейзенберга, впервые вышедшее в Нью-Йорке в 1952 г., и «Физика и философия» (М., ИЛ, 1963; первое немецкое издание — 1959)*. Настоящее издание, однако, не просто дополняет предыдущее. Наряду с «Физикой и философией» оно включает также книгу «Часть и целое», впервые полностью публикуемую на русском языке. Книга эта — своеобразная творческая автобиография и вместе с тем сгусток живой истории, лично пережитой переломной эпохи в истории физики и научного мышления вообще, эпохи, переломной также и в философском, и в социально-политическом самосознании ученых, — книга, написанная одним из ведущих участников этих событий. Она поэтому в особенности важна для понимания не только творческой личности В. Гейзенберга, но и сокровенной жизни науки, которую трудно реконструировать по теоретическим «результатам» и философским эссе. «Часть и целое» воссоздает ту обстановку, в которой все «части» — научная работа, ее философское осмысление, ответственное политическое действие и общение с людьми, природой, искусством — образуют и обнаруживают некую целостность, единый осмысленный строй духовной жизни, впервые придающий собственный смысл каждой «части», в том числе и самому научному знанию.

«Наука создается людьми» — этими словами начинает В. Гейзенберг свое повествование. Не будет преувеличением сказать, что цель всей книги — показать далеко не тривиальный смысл этой по видимости простой истины. Да, наука создается людьми, но научное знание — не личное, субъективное мнение. Оно должно быть объективно: экспериментальные результаты должны быть воспроизводимы,

¹ Открытие Планка и основные философские вопросы учения об атомах. — Вопросы философии, 1958, № 11, с. 61—69; Развитие интерпретации квантовой теории. — В кн.: Нильс Бор и развитие физики. М., 1958, с. 27; Развитие понятий в физике XX столетия. — Вопросы философии, 1973, № 1, с. 79—88.

* Когда настоящее издание готовилось к печати, издательство «Прогресс» выпустило книгу «Шаги за горизонт» (М., 1987), содержащую все философски значимые работы В. Гейзенберга последнего десятилетия его жизни.

теоретические утверждения доказаны — знание, словом, по самому замыслу науки должно обладать обязательностью, превышающей индивидуальные пристрастия, оно должно быть инвариантным относительно перемещений в человеческом пространстве. Однако результаты эксперимента лишены значения, пока они не *интерпретированы*, и уравнение остается пустой математической формулой, пока оно не *понято*. А это — понимание — далеко не столь ясная вещь, как экспериментальный факт или математическая формулировка.

«Что, собственно, мы наблюдаем и измеряем в эксперименте?» «Что дает возможность связывать результаты наблюдений, измерений, расчетов в форму знания о некоем объекте?» «В чем предметный смысл математической структуры?» Когда в теоретической физике обсуждаются подобные вопросы, речь идет не о частной гносеологической проблеме, которую можно было бы решить, договорившись о терминах. Напротив, как отмечает Г. Вейль², наиболее продуктивные, содержательные сдвиги в теоретической физике XX в. связаны с органичной комбинацией трех способов формирования знания: математического конструирования, изоэренной экспериментальной техники и того, что Вейль вслед за Э. Гуссерлем называет сущностным анализом и что, упрощая, можно было бы назвать пониманием. Ни одна из этих фундаментальных сторон не может быть без ущерба изъята из научного знания, которое, стало быть, выражено трояко: в математической форме, в экспериментальной ситуации и в «смысле». Вне этих форм знание не выражено и поэтому не может быть признано завершенным.

Именно фундаментальность третьего измерения — «смысла», «понимания» — и выявилась отчетливо в развитии теоретической физики в переломную эпоху 20-х годов. А. Эйнштейн, Н. Бор, К. фон Вайцзеккер, В. Гейзенберг и многие другие не раз замечали, что научный прогресс совершается не только благодаря тому, что нам становятся известны и понятны новые факты, но и благодаря тому, что мы все время заново узнаем, что может значить слово «понять». Усилие понимания устремлено к предмету. Мы хотим понять нечто реальное и уяснить смысл этой реальности, а не просто уметь манипулировать формулами и правильно предсказывать результаты эксперимента. Здесь-то, как убедился читатель, и проходит линия конфронтации между учеными-мыслителями и позитивистами в истолковании природы научного знания.

Усилие понимания устремлено к предмету. Но в этом же устремлении оно возвращает нас к людям, которые делают науку. Подзаголовок книги Гейзенберга: «Беседы вокруг атомной физики». Сама ситуация *беседы* — дела, вроде бы для научного познания необязательного, периферийного, — осознана Гейзенбергом во всей ее содержательной сущности. Вспомним «Беседы и математичес-

² Weyl H. Erkenntnis und Besinnung. (Ein Lebens-Überblick).— In: Weyl H. Gesammelte Abhandlungen (Hrsg. von Chandrasekhar K. B. u. a.), 1968, Bd 4, S. 631—649. Русский перевод см. в сб. «Проблема объекта в современной науке». М.: ИНИОН, 1980, с. 144—167.

кие доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки» Галилея и его же «Диалоги о двух главнейших системах мира»³. Со времен Сократа⁴ каждый раз, когда речь шла о радикальных сдвигах в структуре мышления, речь эта — явно или неявно — отливалась в форму беседы, диалога. В подобных беседах «вокруг» мы застаем мысль в момент ее рождения, а этот момент имеет не только психологическое или гносеологическое но и собственно логическое значение. Беседа занимает место теории, когда особые теоретические трудности обращают мысль к самой себе, и чтобы сделать следующий шаг, оказывается необходимым вдуматься в то, как мы мыслим, как формируем понятия и что, собственно, значит понимание. Придирчивая «тупость» собеседника, отказывающегося признать не столько «факт» или «утверждение», сколько саму полноценность понимания, заставляет теоретика отвлечься от предмета и войти в рассмотрение того, что самому занятому делом исследователю казалось естественным, очевидным, само собой разумеющимся: своих предрассудков, предпосылок, интуиций, привычных приемов, словом, всей своей сокровенной мастерской. В подобных беседах на горных тропинках, за чайным столом или в институтских кулуарах, в фундаментальных спорах эпохи (Эйнштейн—Бор; Гейзенберг—Шредингер; Борн—де Бройль; копенгагенцы — сторонники «скрытых параметров») речь идет о принципах и основаниях не той или иной теории, а целой системы мысли, содержащей форму возможного понимания, знания, — системы, которая включает в себя неявные ответы на вопросы: «Что значит знать?», «Что значит полнота теоретического описания?», «Что значит физический смысл, реальность, логичность?» и т. п.

Вот почему наука не только рождается в беседах, но и возвращается к ним, когда речь идет о завершенности, полноте и осмысленности знания; здесь, по мысли Гейзенберга, она и «*достигает своих результатов*» (sie gelangt zu ihren Ergebnissen).

«Часть и целое» воспроизводит подлинный интеллектуальный контекст работы физика-теоретика и — при всей непритязательной общедоступности изложения — может рассматриваться как один из важнейших теоретических результатов автора.

Книга эта одновременно связывает в некую живую целостность и известные нам философские размышления Гейзенберга. Вот почему только теперь, имея в руках «Часть и целое» вместе с хорошо дополняющей ее книгой «Физика и философия», читатель будет в состоянии составить себе достаточно полное представление о философии Гейзенберга, а главное, о том месте, которое она занимала в его

³ О существенном значении формы диалога для Галилея, о его «сократическом методе» см.: Ахутин А. Развитие принципов физического эксперимента. М.: Наука, 1976, гл. IV.

⁴ Карл фон Вайцеккер назвал «Часть и целое» подлинно платоновской книгой, единственным, какой ему известен, платоновским диалогом нового времени. См.: Weizsäcker C. von, Platonische Naturwissenschaft im Laufe der Geschichte. Göttingen, 1971, S. 4.

творчестве и во всей интеллектуальной работе эпохи. Полагаю, образ Гейзенберга-мыслителя существенно дополнит и даже изменит образ Гейзенберга-теоретика.

Сравнительно короткая эпоха создания квантовой теории отмечена не только развитием той научной способности, которую можно было бы назвать экспериментальным воображением, не только мощным и с течением времени все усиливающимся развитием свободного математического конструирования, но и необычно глубоким вдумыванием в существо собственно философских проблем, не идущим в сравнение ни с предыдущей, ни с последующей эпохами, включая и нынешний день. Серьезность и научная продуктивность философских дискуссий, а также само содержание поставленных проблем сближают это время, скорее с XVII в., когда «конструировались» те ставшие впоследствии априорными начала научного мышления (понятие метода, субстанциальное разделение субъекта и объекта, точечная идеализация тела, действия, соответствующее понятие причинности и т. д.), которые в 20-е годы XX в. были вновь поставлены под сомнение. Знаменательно, что в предвоенное двадцатилетие становится крайне характерной фигура ученого-философа. Наиболее ярким и известным примером является, разумеется, А. Эйнштейн. Нынче, впрочем, идеи Нильса Бора представляются в философском плане едва ли не более значимыми. «Бор был прежде всего философом, не физиком,— замечает В. Гейзенберг в своих воспоминаниях о первых встречах с Н. Бором,— но он знал, что в наше время натурфилософия только тогда обладает силой, когда она во всех мелочах выдерживает неумолимый критерий экспериментальной истинности»⁵. А вот что говорит об Э. Шредингере лауреат Нобелевской премии, известный японский физик Хидэки Юкава в своих «Лекциях по физике»: «...У Шредингера склонность к философии была выражена особенно сильно... Он — талантливый физик, имевший очень хорошие работы по термодинамике и статистической физике,— в действительности хотел заниматься философией»⁶.

В. Гейзенберг, несомненно, занимает одно из первых мест в ряду этих ученых-мыслителей. Многие важнейшие вопросы выдвинуты именно им, и сделано это с такой философской точностью и осознанностью, которую не часто встретишь даже в ту уникальную эпоху.

Публикация «Части и целого» делает излишним биографический очерк и перечисление достижений Гейзенберга в области теорети-

⁵ Heisenberg W. Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze. München, 1973, S. 53—54. (В дальнейшем цитируется как SüG).

⁶ Юкава Х. Лекции по физике. М.: Энергоиздат, 1981, с. 24—25. Макс Джеммер пишет: «Эрвин Шредингер, подобно Гейзенбергу, закончил классическую гимназию, где основными предметами были латинский и греческий языки. Полученное им гуманитарное образование сильно повлияло на его позднейшие взгляды на науку и жизнь, а также заложило фундамент глубокого интереса к проблемам классической и современной философии, о чем красноречиво свидетельствуют его труды». См.: Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. М.: Наука, 1985, с. 251.

ческой физики. Трудно сделать это лучше самого Гейзенберга. Здесь мы попытаемся наметить ведущие темы его философии и осмыслить некоторые из наиболее существенных ее проблем. Мы проследим, где и как В. Гейзенберг в своей жизни сталкивался с философией. А затем суммируем основные темы его собственных философских размышлений.

Встречи с философией. В парадоксальном, как кажется на первый взгляд, противоречии с тем «потрясением основ» научного мышления, в котором он принимал непосредственное участие, в противоречии с катастрофическим характером самой эпохи, в которую ему довелось жить, творческая судьба Вернера Гейзенберга отличается удивительной цельностью и внутренней последовательностью. Некоторые начала, усвоенные им еще в детстве, с течением времени лишь яснее и глубже осознавались им как подлинные основы духовной жизни и даже конкретнее — как фундаментальные конструктивные принципы, на протяжении всей его жизни определявшие направленность его теоретической работы. Скрытая энергия этих начал пронизывает собственное творчество Гейзенберга тем «центральным порядком», идея которого вела его в познании природы и в понимании судеб европейской культуры. Усвоенные Гейзенбергом в детстве начала и суть не что иное, как начала *европейской культуры*.

Вот почему важно прежде всего уяснить роль *гуманитарного образования* в формировании его мировоззрения. Ведь именно гуманитарное образование, сколько бы оно ни изменяло этому предназначению, призвано приобщать новое поколение к всеобщим истокам европейской культуры.

В. Гейзенберг вырос в семье и в кругу гуманитариев. Его отец, Август Гейзенберг, женатый на Анне Векляйн, дочери директора Королевской Максимилиановской гимназии в Мюнхене, преподавал классические языки и историю в старой гимназии г. Вюрцбурга и одновременно занимал должность приват-доцента Вюрцбургского университета по отделению средневековой и современной греческой филологии. В 1910 г. он получил кафедру классической филологии и византистики (единственную в Германии) при Мюнхенском университете, и семья переехала в Мюнхен. Окончив начальное обучение, Вернер Гейзенберг поступает в 1911 г. в Максимилиановскую гимназию. Языки (в том числе санскрит) и математика интересовали его в наибольшей степени. Отец поддерживал этот интерес. Когда в 13 лет Вернер познакомился с дифференциальным исчислением, он попросил отца принести ему математические книги из университетской библиотеки. Желая, чтобы сын совместил изучение математики с упражнениями в языке, Август Гейзенберг принес ему латинский трактат Леопольда Кронекера по теории чисел («*De unitatibus complexis*»)⁷. Эта работа вызвала у Вернера живой интерес. Еще будучи в гимназии, он самостоятельно изучил фундаментальный

⁷ Mehra J., Rechenberg H. (ed.) *The Historical Development of Quantum Theory*. Vol. 2. *The Discovery of Quantum Mechanics 1925*. New York etc., 1982, S. 5. (В дальнейшем цитируется как HDQT.)

труд по теории чисел Пауля Бахманна⁸, и впоследствии именно эта форма математики — помимо, разумеется, классического анализа — послужила ему опорой в собственной работе. В гимназии же Гейзенберг осознал теоретическую красоту геометрии и был крайне взволнован мыслью, что математика каким-то образом согласуется с формами нашего опыта⁹. Тогда же Гейзенберг узнал и то, что эта истина была известна уже древним грекам — Пифагору и Евклиду.

Отец Гейзенберга был решительным противником узкой специализации. Вопреки тенденции своего времени он стремился увидеть в различных дисциплинах — политической истории, истории искусства, филологии — разные аспекты единой работы. Ясно, что изучение философии и научного мышления полностью включалось в исследования. Вернер Гейзенберг унаследовал от отца этот синтетический склад ума, направленный на поиск единого формообразующего принципа, действие которого обнаруживается в самых разных феноменах. «Его взгляд устремлен к существенному, он не обременяет себя деталями и не расплывается в них», — так характеризует десятилетнего ученика гимназический документ¹⁰. Важнее, однако, изначально развитое удачным образованием чувство истории культуры как сотрудничества, чувство присутствия, скажем, древнегреческой мысли, ее причастности актуальнейшим проблемам везде, где только эти проблемы оказываются достаточно серьезными и глубокими. Подобное восприятие живого единства европейской культуры во всей ее многовековой истории, восприятие истории культуры, как «цепи уравнений в образах, попарно связывающих очередное неизвестное с известным...», говоря словами Б. Пастернака, — само вырабатывает особую культуру мысли, не возместимую никаким ее техническим совершенством.

Работая в самом средоточии современной научно-технической цивилизации, будучи ведущим физиком-теоретиком, а после войны крупным организатором науки и атомной техники в Западной Германии, В. Гейзенберг с тем большей ясностью осознавал значение гуманитарного образования для нашей эпохи. Выступая 13 июля 1949 г. по случаю столетнего юбилея родной Максимилиановской гимназии в Мюнхене, он посвятил свою речь проблеме соотношения гуманитарного образования, естествознания и западной культуры. Отвечая тем, кто полагает, что гимназическое образование — в наш век техники и естественных наук — слишком умозрительно и оторвано от жизни, что подготовка практически ориентированных работников больше отвечает требованиям современной жизни, а гуманитарное образование человек может позволить себе только как своеобразную роскошь, Гейзенберг приводит и защищает доводы сторонников такого образования.

⁸ B a c h m a n n P. *Niedere Zahlentheorie*, Vol. 1, 2, Leipzig, 1902, 1910 (HDQT, S. 8).

⁹ SüG, S. 99.

¹⁰ H e r m a n n A. W. *Heisenberg in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten*. Hamburg, 1976, S. 7.

Гейзенберг подчеркивает, во-первых, что вся культурная жизнь связана с тем типом духовности, который зародился в античности, был радикально преобразован началами христианства и создал также и современный научно-технический мир. «Иными словами, во всех сферах современной жизни, если только — систематически, исторически или философски — мы входим в суть дела, мы наталкиваемся на духовные структуры, восходящие к античности или христианству»¹¹. Усвоение этих структур вводит в дух нашего времени глубже и заставляет отнести к нему ответственнее, чем однобокий практицизм.

Практицизм этот, впрочем, поверхностен еще и потому, что упускает то самое, что делает именно практическое отношение европейского человека к миру столь радикальным. «Вся сила нашей западноевропейской культуры, — подчеркивает Гейзенберг второй момент, — проистекает и всегда проистекала из тесной связи практической деятельности с постановкой принципиальных проблем. Другие народы и культуры были столь же искушенными в практической деятельности, как и греки, но что с самого начала отличало греческое мышление от других народов — это способность обращать всякую проблему в принципиальную и тем самым занимать такую позицию, с точки зрения которой можно было упорядочить пестрое многообразие эмпирии и сделать его доступным человеческому разумению»¹².

«Наконец, в-третьих, — замечает Гейзенберг, — справедливо говорится, что занятие античностью формирует в человеке такую шкалу ценностей, когда духовные ценности ставят выше материальных»¹³. Человек, принимавший в условиях нацистской Германии решение относительно производства атомного оружия¹⁴, знает, что сама по себе техническая и военная мощь еще ничего не значит. Она становится благом или злом в зависимости от воли и — в конечном счете — степени духовной озабоченности людей.

Понятно, что три отмеченные Гейзенбергом момента внутренне связаны. И связывает их способность к постановке принципиальных проблем, вопросов о принципах и началах, способность открыть проблематичность горизонта своих целей, принципов мышления, словом, основ человеческого бытия. Здесь коренится воля к ответственной самооценке и возможность радикального изменения самой практики.

¹¹ SūG, S. 96.

¹² SūG, S. 96—97.

¹³ SūG, S. 97.

¹⁴ 4 июня 1942 г. Гейзенберг докладывал комитету во главе с А. Шпеером, министром вооружения, о работе над «урановым проектом». «Я сообщил, — вспоминает он, — что создать атомный реактор возможно. Мы теперь знаем, что число нейтронов растет. Я не упомянул, что при этом можно получить плутоний, поскольку мы хотели, чтобы этим вещам придавали как можно меньше значения». Цит. по: Негтманн А., *op. cit.*, S. 71. См. также Ирвинг Д. Вирусный флигель. М.: Атомиздат, 1969.

Если, далее, мы не ограничиваемся половинчатым — прагматическим или формальным — решением проблемы и стремимся дойти до ее понятийной сути и логических корней, мы обнаруживаем, что заняты той самой работой, которой была занята европейская мысль с момента ее зарождения в Древней Греции.

На самых ранних этапах образования Гейзенбергу удалось проникнуться духом этой *традиционной бескомпромиссности* в постановке вопросов. Навык принципиального мышления, привитый Гейзенбергу гуманитарной гимназией, ввел его впоследствии в средоточие тех необычных трудностей, с которыми столкнулась новейшая физика в начале XX в., и во многом способствовал их решению.

Отсюда же его глубокое и серьезное отношение к древнегреческой философии, первой философии, с которой он встретился и которая на всю жизнь осталась для него первой, первичной. Знакомясь опять-таки в гимназии с философией греков, он сумел схватить в ней главное: предельную остроту вопрошания и вкус к философской чистоте понятий. Более того, Гейзенберг нашел в ней также и некий общезначимый конструктивный принцип, так что, когда он перешел к изучению науки Нового времени, достижения ее были восприняты им как непосредственное продолжение устремлений греческих математиков и философов, буквально, как то же самое: «Мне,— вспоминает Гейзенберг,— и в голову не могло прийти видеть в естествознании и технике нашего времени мир, принципиально отличный от философского мира Пифагора или Евклида»¹⁵.

* * *

Несомненно, одним из наиболее важных событий в интеллектуальной биографии Гейзенберга была встреча с философией Платона. Платон, можно сказать, дал ему ту идею, которая определила характер его теоретизирования от первых юношеских размышлений над проблемой атома до последних усилий найти «мировую формулу». В той же юбилейной речи, а затем в первой главе «Части и целого» Гейзенберг живо описывает как произошла эта встреча. Дело было в июне 1919 года. После недолгого существования Советской республики в Мюнхене город захватили правительственные войска. Группа старших гимназистов и среди них 18-летний Вернер были приданы в качестве помощников кавалерийской стрелковой части № 11, расквартированной в здании духовной семинарии напротив университета, на Людвигштрассе. Обязанностей у помощников было, впрочем, немного, а свободного времени в избытке. Однажды ранним утром Гейзенберг забрался на крышу семинарии, прихватив с собой томик Платона, чтобы поупражняться в греческом языке. Здесь-то он и натолкнулся впервые на то место «Тимея», где Платон излагает своеобразный вариант пифагорейского

¹⁵ SüG, S. 100. Позже он не отошел от этого взгляда и полагал, что «вряд ли можно продвинуться в современной атомной физике, не зная греческой философии». Ibid., S. 101.

атомизма¹⁶. Это чтение открыло Гейзенбергу основную идею атомистической философии яснее, чем все, о чем он слышал или читал до тех пор.

Проще для наглядного представления была, разумеется, та картинка, которую обычно рисуют, имея в виду атомизм Демокрита. Без существенных изменений она привлекается для иллюстрации атомарных явлений и по сей день в книгах и учебниках по химии или кинетической теории газов. Призванная пояснить теорию, картинка эта, как верно замечает собеседник Гейзенберга, скорее затрудняет понимание. Именно такого рода картинки и вызвали первое недоумение Гейзенберга, с которого, собственно, и начинается его путь в современной атомной физике.

Рассказ Платона — вообще говоря, тоже не более, чем картинка — поначалу произвел на Гейзенберга впечатление некоего абсурда, но по мере того, как он вдумывался в трудности, связанные с понятием атома и невероятно умножившиеся с момента открытия Планка, он уяснил глубокую осмысленность именно платоновского представления. У Платона отчетливее, чем у Демокрита, выделена конституирующая роль *формы*, сделана попытка установить логический единый принцип формообразования и открыта возможность принципиального переосмысления самой идеи конститутивной формы.

25 апреля 1958 года в Берлине на праздновании столетия со дня рождения Планка В. Гейзенберг выступил с докладом, в котором впервые обнародовал свой вариант «мировой формулы», фундаментального уравнения единой теории поля. Доклад назывался «Открытие Планка и философские вопросы учения об атомах» и в целом был посвящен обоснованию именно платонистского характера современной атомистической теории. Понятно, что начал он с изложения теории Платона. «Платон, — говорил Гейзенберг, — воспринял существенные элементы учения об атомах. Четырем элементам — земле, воде, воздуху и огню — у него соответствовали четыре вида мельчайших частиц. Эти элементарные частицы являлись, по Платону, основными математическими структурами высшей симметрии. Мельчайшие частицы элемента земли изображались у него кубами, элемента воды — икосаэдрами, элемента воздуха — октаэдрами и, наконец, мельчайшие частицы элемента огня представлялись в форме тетраэдров. Но эти элементарные частицы не были, по Платону, неделимыми. Они могли разлагаться на треугольники и вновь создаваться из них. Так, например, из двух элементарных частиц воздуха и из одной элементарной частицы огня строилась элементарная частица воды. Сами треугольники не являлись материей, они были только математической формой. Следовательно, у Платона элементарные частицы не являлись просто чем-то данным, неизменным и неделимым; они требовали еще объяснения, и вопрос об элементарных частицах сводился Платоном к математике... Последней основой явленным была не материя, а математический закон,

¹⁶ SūG. S. 102; HDQT, p. 10; Weizsäcker, op. cit., S. 4—5.

симметрия, математическая форма»¹⁷. Благодаря открытию Планка и последующему развитию атомной теории, в особенности же благодаря современным теориям элементарных частиц, «в естествознание вновь проникла мысль Платона, что последней основой атомной структуры материи является математический закон, математическая симметрия»¹⁸. Окончательная теория материи, — завершает Гейзенберг свой доклад, — будет, как и у Платона, характеризоваться рядом важных требований симметрии, которые мы можем указать уже сегодня. «Эти симметрии не могут больше поясняться с помощью фигур и образов, как это было возможно с платоновскими телами, но характеризуются уравнениями»¹⁹.

Шесть лет спустя, 3 июня 1964 года, в Афинах, говоря о тех ответах, которые современная наука дала «на вопросы, сформулированные здесь несколько тысячелетий назад»²⁰, Гейзенберг вновь подчеркивает ближайшую аналогию современной теории элементарных частиц с атомистическими представлениями Платона.

Ход его мысли можно воспроизвести следующим образом (мы не ограничиваемся при этом текстом доклада). Суть искомого современной физикой универсального закона природы, которую можно достаточно уяснить уже сейчас, должна состоять в описании небольшого числа фундаментальных *свойств симметрии*, определяющих спектр возможных элементарных частиц. Природа частицы (совокупность ее свойств) определяется и в известном смысле порождается формальными принципами симметрии. Поэтому то, что выявляется в форме элементарных частиц или полей, т. е. то, с чем привыкли связывать понятие материи, — не первично. Поскольку энергия, необходимая для «расщепления» элементарных частиц, сравнима с массой покоя возникающих частей, и сам акт «расщепления» приводит к порождению частиц той же природы, что и сталкивающиеся частицы, «разумно вообще не делать никакого различия между элементарными частицами и составными системами»²¹. Каждая элементарная частица, следовательно, виртуально состоит из всех других элементарных частиц. Никакие из них нельзя считать, собственно, элементарными, а та «фундаментальная субстанция», возможными состояниями или формами которой являются элементарные частицы, задается как *структура потенциалов*. Только известные законы сохранения и определяющие их симметрии уравнения «фундаментальной субстанции» (группы преобразований) имеют характер чего-то первичного.

¹⁷ Гейзенберг В. Открытие Планка и основные философские вопросы учения об атомах, с. 62; см. также: Природа элементарных частиц. УФН, 1977, т. 121, вып. 4, с. 664; SüG, S. 22—23.

¹⁸ Гейзенберг В. Открытие Планка... с. 69.

¹⁹ Там же.

²⁰ SüG, S. 223.

²¹ Гейзенберг В. Открытие Планка..., с. 67—68.

«Эта ситуация,— отмечает Гейзенберг,— сразу же напоминает нам симметричные тела, введенные Платоном, чтобы представить основополагающие структуры материи. Платоновские симметрии еще не были правильными, но он был прав, когда верил, что в средоточии природы, где речь идет о мельчайших единицах материи, обретаются, в конечном счете, математические симметрии»²².

Разумеется, Гейзенберг отдавал себе отчет и в том, что сближение это — не более, чем аналогия, и в том, что современное научное мышление принципиально отличается от античного и платоновского, в частности. Оно отличается прежде всего экспериментальным методом и особой ролью времени в теории, связанной с иным, по сравнению с античностью, способом теоретически представлять движение (место статических форм занимают дифференциальные уравнения, описывающие динамику системы)²³.

Своеобразный «платонизм» Гейзенберга сказывается, конечно же, и в том, что надежный критерий истинности он видел в интеллектуальной красоте теории — в ее логически ясном единстве, охватываемом простым принципом бесконечное многообразие явлений,— и в том, что связывал эти качества с математикой. Но, может быть, важнее осмыслить тот факт, что именно Платон открыл ему всю нетривиальность и парадоксальную тонкость понятия атома, с самого начала наведя на мысль, что атом это «*не вещь среди вещей*».

Во многих фундаментальных открытиях Гейзенберга можно увидеть способ решения тех самых апорий, с которыми он столкнулся в первых размышлениях об «идее» атома. Анализ внутренних противоречий, связанных с наглядным представлением атома, и прежде всего с возможностью экспериментально «увидеть» атом, был одним из истоков пути, приведшего Гейзенберга к формулировке соотношений неопределенностей. Другая сторона той же проблемы связана с пересмотром традиционного представления форм (или моделей) атомов и элементарных процессов, основанных на классических идеализациях: материальная точка, мгновенная скорость, точечная локализация действия и соответствующие понятия причинности, непрерывности, траектории, орбиты и т. д. Отказ от классической системы идеализаций (лежащей в основе так называемой наглядности) был, как известно, главной смысловой трудностью при разработке и усвоении первой — матричной — формулировки квантовой механики. Привычные кинематические и механические понятия были последовательно заменены соотношениями между конкретными числами, получаемыми из эксперимента. На место координат и импульсов в соответствующие канонические уравнения движения системы ставятся матрицы, представляющие собой бесконечные таблицы величин со специальными правилами оперирования с ними, не подчи-

²² SūG, S. 234.

²³ Гейзенберг В. Открытие Планка..., с. 67—68.

няющиеся, в частности, закону коммутативности умножения. Эта замена в квантовой механике означает, что в определение физической величины потенциально включается вероятность всех возможных (вообще говоря, бесконечно многих) переходов, т. е. изменений состояния системы. Некоммутативность содержит формальные основания для соотношения неопределенностей.

Поначалу казалось — в частности Шредингеру, чуть позже Гейзенберга²⁴ опубликовавшему волновую (математически эквивалентную матричной) формулировку теории, — что квантовая механика Гейзенберга, М. Борна, П. Йордана — лишь формальный математический инструмент, позволяющий оперировать с экспериментальными данными, но лишенный какой бы то ни было физической наглядности. Легко, однако, заметить, что и на этом, самом «позитивистском» этапе интуиции юношеского платонизма придавали мысли Гейзенберга особую смелость и свободу. Дело шло о переосмыслении классического представления о наглядности и форме. Вполне в духе Платона форма или структура атомной системы понята им как *внутренняя* форма, как математический закон, определяющий структуру возможных значений измеримых (наблюдаемых) физических величин, — форма в особом пространстве, впоследствии определенном как «пространство состояний»²⁵.

Аналогичные соображения вели Гейзенберга и в позднейшей работе над теорией элементарных частиц с той разницей, что основу математической формы он искал теперь в теории групп. Разные состояния системы можно рассматривать как различные представления группы. В этом отношении между физикой элементарных частиц и квантовой механикой существует глубокая аналогия. «Элементарные частицы можно классифицировать с помощью квантовых чисел, значений масс и времен жизни так же, как это делается со стационарными состояниями в квантовой механике»²⁶. А то, что Гейзенберг видел в этой работе своеобразное развитие идей Платона, мы уже знаем.

Влияние философии Платона на сам склад мышления Гейзенберга далеко не исчерпывается перечисленными — впрочем, наиболее существенными для него как физика-теоретика — аспектами.

²⁴ Работа Э. Шредингера «Квантование как задача о собственных значениях» появилась в «Annalen der Physik» осенью 1926 г.

²⁵ См.: Гейзенберг В. О наглядном содержании квантовотеретической кинематики и механики. — УФН, 1977, т. 122, вып. 4, с. 651—672. Характерно замечание Гейзенберга, адресованное Шредингеру: «Конечно, невозможно переоценить того глубокого математического (и постольку наглядного) проникновения в сущность квантовомеханических законов, которое дала нам теория Шредингера. Однако в принципиальных физических вопросах общедоступная наглядность волновой механики увела нас, по моему мнению, с прямой дороги, проложенной работами Эйнштейна и де Бройля, с одной стороны, и работами Бора и квантовой механикой — с другой»; там же, с. 669.

²⁶ Гейзенберг В. Введение в единую полевую теорию элементарных частиц, М. 1968, с. 16.

Философия Канта — и по содержанию проблем, и по характеру мышления — несомненно, ближе современной физике, чем платонизм. Критическое размежевание с Кантом существенным образом способствовало формированию ее философского самосознания. Но столь личной и творчески значимой, как в случае с Платоном, встречи с Кантом у Гейзенберга, по всей видимости, не произошло. Весной 1918 года условия военного времени заставили Гейзенберга с группой соучеников работать в качестве батрака на крестьянской усадьбе Гросталерхоф под Мизбахом. «Помнится, — рассказывал он позднее, — я взял с собой кантовскую «Критику чистого разума»... Очень скоро я убедился, что когда целый день работаешь на сельском дворе, вечером не способен ни к чему, кроме как спать... Работа в самом деле была очень тяжелой и хорошим упражнением для молодого человека. Так что я не очень далеко продвинулся в изучении Канта»²⁷. Минувя кантовское учение об априорных формах созерцания, Гейзенберг сразу же усвоил релятивистскую концепцию пространства—времени. По возвращении из Мизбаха он внимательно изучил замечательную книгу Г. Вейля «Пространство, время, материя», первое издание которой только что увидело свет²⁸. Как можно убедиться уже по первым фундаментальным работам Гейзенберга 1925 года, основное, что усвоил Гейзенберг в этом чтении, — особый (релятивистский) метод мышления. В критике понятия эфира, в эйнштейновском определении одновременности он увидел прежде всего способ критики и формирования понятий путем непосредственного сочетания экспериментального и математического операционализма, без прямой опоры на модельные представления. «Он глубоко прочувствовал, что теория относительности ввела поистине фундаментальный и новый способ видения физического мира. Проблемы пространства, времени и материи представлялись Гейзенбергу прежде всего философскими проблемами, а Альберт Эйнштейн привлекал его как глубокий философ природы»²⁹. Когда под вопрос были поставлены не только «созерцания» (пространство—время), но и «категории» (например, причинность), тот же метод помог Гейзенбергу нащупать собственный путь понимания.

В книге «Часть и целое» глава «Квантовая механика и философия Канта» введет читателя в курс споров, развернувшихся в этой связи вокруг проблемы причинности. Заметим, однако, что в этих спорах и оппоненты, и адепт философии Канта Грета Герман невольно упростили смысл кантовского подхода.

Несколько слов по этому поводу.

²⁷ Hermann A. W. Op. cit., S. 11.

²⁸ Weyl H. Raum, Zeit, Materie, Vorlesungen über Allgemeine Relativitätstheorie, Berlin, 1918. Об отношении Вейля к Канту см.: Weyl H. Erkenntnis und Besinnung, S. 632—633.

²⁹ HDQT, p. 10.

Рубеж, разделяющий классическую и современную квантово-релятивистскую физику, в философском отношении отмечен, помимо прочего, переосмыслением кантовского априоризма. В чем его смысл?

В «Критике чистого разума» Кант, как известно, анализирует и обосновывает науку как всеобщую форму мышления, ориентируясь на науку Нового времени и прежде всего на галилей-ньютоновскую механику. Он при этом видит существенное определение науки в том, что именно в силу своей очевидности далеко не всегда понимается. Кант анализирует науку как форму *экспериментального мышления*, т. е. относится к понятию эксперимента с философской принципиальностью³⁰.

Кант исследует условия возможности не просто опыта, а именно экспериментирующего опыта — опыта, результатом которого может быть объективное знание. А объективное знание — достаточно странная вещь. Оно, с одной стороны, необходимо связано с опытом, а с другой — от него не зависит, иначе оно не обладало бы теоретически значимой всеобщностью и было бы ограничено *частными* условиями опыта. Значит, оно может быть получено только в таком опыте, конечность условий которого предельно устранена. Опыт должен быть устроен так, чтобы наблюдение реального процесса как бы наводило на созерцание процесса в том виде, в каком он протекает *вне* конечных ограничений реального опыта, в некоем бесконечном идеальном мире. Только потому, что опыт реально сосредоточен на таком идеальном созерцании, вообще можно говорить о его воспроизводимости (другим человеком, в другом месте и в другое время). И только мысленно входя в этот мир, мы можем формулировать утверждения, имеющие силу законов и физических теорем.

Эксперимент и есть опыт, проводимый в таких экстремальных условиях, в которых предельно устранена конечность этих условий (обстоятельств и случайности места, момента, реальных тел и веществ). Это *реальный* инструмент наблюдения *идеального* течения событий. Ясно, что между экспериментальной системой и идеальным миром теории — *бесконечный* разрыв, который может быть преодолен только своего рода предельным переходом (ряд конечных приближений надо мысленно продолжить в бесконечность). Здесь необходим прыжок предельного перехода, прыжок через бесконечность. Без такого прыжка мы не получаем объективного знания в опыте, с одной стороны, и не убедимся в действительности (невыдуманности) знания — с другой.

Поскольку мир теории — бесконечный и идеальный — не может быть предметом непосредственного опыта, его фундаментальные определения и логические связи в известном смысле априорны. Но эти же определения суть условия возможного теоретически

³⁰ См.: Б и б л е р В. С. Галилей и логика мышления нового времени.— В кн.: Механика и цивилизация XVII—XIX вв. М.: Наука, 1979, с. 448—518; Б и б л е р В. С. Кант и логика эксперимента.— Вопросы истории естествознания и техники, 1987, № 1.

значимого опыта, условия, определяющие экспериментальный характер опыта, проще говоря, условия экстремальной идеализации.

Но в кантовском анализе экспериментального мышления присутствует и другая сторона, в особенности важная для понимания логической ситуации так называемой неклассической физики. Освобождая (в пределе) опыт от эмпирических ограничений, эксперимент накладывает на него ограничения условиями идеализации (например, механической идеализации). Он испытывает не только предмет в горизонте такой идеализации, но и реальную универсальность этого горизонта, испытывает теоретическую (идеальную) всеобщность теории — в горизонте *бытия* предмета. Поэтому он и может натолкнуться на некий неидеализируемый «остаток», т. е. обнаружить принципиальную ограниченность *универсального* принципа идеализации.

То обстоятельство, что кантовская философия не только обосновывает определенный тип теоретической идеализации, но, как бы испытывая его на всеобщность, обнаруживает его границы, не привлекло достаточно внимания. Между тем анализ кантовской «Критики» с этой точки зрения мог бы быть весьма полезен для уяснения философского содержания проблем неклассической физики³¹.

Опыт релятивистской критики ньютоновской механики и проблематизация понятия причинности в квантовой механике вызвали критическое отношение физиков к философии Канта, в которой увидели прежде всего неоправданную абсолютизацию мира классической, конкретнее, ньютоновской механики. Это усугублялось еще и тем, что в самой классической физике склонны были видеть прямое обобщение обыденного опыта. В XIX веке мир ньютоновской механики уже не казался столь парадоксальным, как в XVII веке. К нему привыкли и решили, что именно он и просвечивает в повседневном опыте.

К. фон Вайцеккер в споре с Гретой Герман заметил, что по отношению к элементарному «объекту» возможны разнородные, исключаящие друг друга и зависящие от ситуации наблюдения (экспериментальной установки) классические представления или объективации. (Подобная разнородность присуща, следовательно, самой классической физике и свидетельствует о ее антиномичности. Если не продумать этот внутренний дуализм классической физики — дуализм механики точки и концепции поля, механики и электродинамики, детерминизма и статистики, — значение кантовского анализа для неклассической физики остается непонятным. Напомним,

³¹ Речь идет об антиномиях. Значение кантовского анализа антиномий, в первую очередь, разумеется, антиномии элементарности, не ускользнуло от внимания Гейзенберга. В одной из последних работ он замечает, что всем философам, занимавшимся проблемой атома, свойственно «общее стремление как-то преодолеть ту антиномичность бесконечно малых величин, которую, как известно, подробно разбирал Кант». — Heisenberg W. Tradition in der Wissenschaft. Rede und Aufsätze. München, 1977, S. 85.

что специальная теория относительности выросла из попытки согласовать законы электродинамики с принципом относительности классической механики, а теория Планка — из попытки согласовать электродинамику и термодинамику, из анализа равновесного взаимодействия излучения с веществом.) Элементарный «объект» не может быть однозначно объективирован (есть «не-объект»). Он может быть описан только такой связью его возможных объективаций, которую Бор назвал отношением дополнителности. «Таким образом, — заключает Вайцеккер, — кантовское «априори» в современной физике нисколько не отвергается, но оно в известном смысле релятивизируется».

Боровская дополнителность исключаящих друг друга классических представлений или объективаций (не забудем: это значит — идеализаций!) и соответствующая дополнителность экспериментальных «актуализаций» (либо локализация частицы, либо дифракция волны) микросистемы и представляют собой способ теоретического описания этого «не-объекта» — способ, соответствующий классической объективности. Поскольку этим способам объективации соответствуют *универсальные* классические теории («точечная» или «полевая»), мы можем говорить о кантовской априорности в описании квантовой реальности. Поскольку же именно в силу своей универсальности (необъединимости в одну) они исключают друг друга и выбор между ними зависит от выбора экспериментальной установки (фигурально говоря, «точки зрения»), мы должны говорить о релятивистской априорности. Только в этом смысле можно сказать, что «в новом истолковании квантовой теории основные понятия классической физики признаются в качестве априорного элемента»³².

* * *

В силу подобного расхождения между объективирующим представлением и реальностью в новой физике совершенно особую роль стал играть экспериментальный факт: возможное наблюдение, измерение. Это было зафиксировано даже как особый, методологический постулат (один из первых в истории квантовой механики) — начало принципиальной наблюдаемости. Оно может быть сформулировано, например, следующим образом: физические понятия следует строить исключительно на основании принципиально наблюдаемых величин. «Определенная физическая величина называется принципиально наблюдаемой, если можно указать такой метод, может быть, и невыполнимый при современном состоянии техники, но физически возможный, при помощи которого наша величина может быть измерена»³³.

Начало принципиальной наблюдаемости ставит под вопрос как раз те понятия, которые в классической физике относились к апри-

³² Гейзенберг В. Открытие Планка..., с. 65.

³³ Гамов Г. А. Начало принципиальной наблюдаемости в современной физике. — УФН, 1927, т. VII, вып. 5, с. 388.

орному горизонту, поскольку определяли принципы объективирующей идеализации (а не просто мысленной экстраполяции обыденного опыта). Более того, оно знаменует глубокое изменение самого способа формирования физических понятий, непосредственно не соотносимых теперь с некоторым идеальным объектом (точкой, траекторией, орбитой...). Но важнее всего, что за этим началом кроется принципиальное изменение самого понятия «наблюдение». В непосредственном наблюдении (например, в астрономических наблюдениях Тихо Браге) или в механических экспериментах (например, в галилеевских экспериментах с маятником) мы наблюдаем нечто объективное (траекторию планеты или, соответственно, изохронизм маятника), нечто, по определению, не зависящее от самого акта наблюдения, от него *отстраняемое*, мысленно воспроизводимое в качестве некоего идеального объекта (кеплеровы эллипсы или инерциальное движение). Но нельзя сказать, что в камере Вильсона мы подобным образом наблюдаем траекторию движения электрона. До этого наблюдения и *после* электрон не представляет собой нечто, чему можно было бы приписать определенную траекторию движения. Наблюдаем мы цепочку водяных капель, конденсирующихся вокруг атомов газа, ионизированных в результате столкновения с электроном достаточной энергии, который *сам лишь в результате такого столкновения* приобретает характер «частицы». «Я считаю,— говорит Гейзенберг,— что возникновение классической «траектории» можно четко определить следующим образом: «Траектория» возникает только благодаря тому, что мы ее наблюдаем»³⁴. В отличие от наблюдения классического — объективирующего, т. е. отстраняемого от мысленно реконструируемого идеального образа — наблюдение квантовой реальности возможно только вместе с актом воздействия на эту реальность — воздействия, впервые порождающего определенный квазиклассический объект. Результаты наблюдений не могут здесь быть резюмированы в образе определенного идеального объекта, потому что «опыты, определяющие какую-нибудь физическую величину, делают в то же время недействительным ранее добытое знание других величин, так как они влияют неконтролируемым образом на измеряемую систему и тем самым изменяют ранее известные величины»³⁵.

Прочитанный в таком контексте сам принцип наблюдаемости утрачивает свою кажущуюся простоту. С ним фундаментально связаны основные принципы новой физики: принцип соответствия, принцип дополненности и — ближайшим образом — принцип, выражающийся в соотношениях неопределенностей Гейзенберга. Философский контекст этого начала никак не позволяет свести его к требованию вернее держаться опыта, тем более к позитивистскому сенсуализму.

³⁴ Гейзенберг В. О наглядном содержании..., с. 661.

³⁵ Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории. М.— Л., ГТТИ, 1932, с. 10.

В связи с началом принципиальной наблюдаемости можно упомянуть еще об одной философской «не-встрече» Гейзенберга, о его отношении к философии Э. Маха. По утверждению самого Гейзенберга, «для развития физики со времени открытия Планка особенно плодотворным, без сомнения, были идеи Маха. Однако это влияние не должно переоцениваться»³⁶.

Когда летом 1925 года 23-летний Гейзенберг (в то время приват-доцент Геттингенского университета у Макса Борна) формулировал на острове Гельголанд первые положения квантовой механики, понятой и утвержденной им как самостоятельная, независимая от классической механики форма построения теории³⁷, он выдвинул в качестве основного принципа именно «наблюдаемость». 24 июня он писал Вольфгангу Паули: «Говорить о своих собственных работах у меня нет почти никакой охоты, поскольку для меня многое еще не ясно, и я лишь смутно догадываюсь о том, что получится; впрочем, основные идеи, пожалуй, все же верны. Основной принцип таков: при вычислении некоторых величин, таких, как энергия, частота и т. д., должны фигурировать только соотношения между принципиально контролируемыми величинами. (Поэтому боровская теория для водорода представляется мне гораздо более формальной, чем теория дисперсии Крамерса)»³⁸. В то время ему казалось, что в этом он следует методологии позитивизма, в частности Маха.

Когда же Томас Кун, составляя в 60-х годах «Источники по истории квантовой физики», в личной беседе спросил Гейзенберга, читал ли он в то время Маха, Гейзенберг ответил: «Нет. Должен сказать, я никогда всерьез не читал Маха. Я немного изучал его позже — много позже. Мах как-то не оказал на меня особого влияния. На меня оказало влияние то, как понимал его Эйнштейн... Я сказал бы, что Мах был для меня слишком формален. Он был — не скажу, что слишком негативен, но слишком неприхотлив в своих устремлениях. Он был недостаточно поэтичен. В том смысле, в каком Платон был, разумеется, поэтом... Кант не был поэтом, но несмотря на это, в его сочинениях присутствует поэзия»³⁹. Ссылки на Платона и Канта позволяют пояснить эту странную характеристику, скажем, так. Мысль исчезает, не только теряясь в интуитивных «глубинах»,

³⁶ Гейзенберг В. Открытие Планка..., с. 65.

³⁷ 21 июня 1925 г. Гейзенберг писал Паули: «Я удивляюсь тому, что Вы удивляетесь «отказу от механики». Если бы нечто такое, как механика, было бы справедливо, никогда нельзя было бы понять, что существует атом; справедлива как раз другая, «квантовая механика», а удивляться надо только тому, что атом водорода относительно энергетических констант случайно совпадает с чем-то классическим». — Pauli W. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u. a., Bd I: 1919—29, New York etc. 1979, S. 219. (Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences. 2.) Ср. вступительные замечания Гейзенберга к статье «О квантовомеханическом истолковании кинематических и механических величин». — УФН, 1977, т. 122, вып. 4, с. 574—575.

³⁸ Pauli W. Wissenschaft Briefwechsel, S. 227.

³⁹ Цит. по: Н е г м а н А. Op. cit., S. 30.

но и замирая в поверхностной однозначности. Предельной ясности и отчетливости строгая мысль достигает там, где именно благодаря ее стремлению к предельной логической ясности неустранимо очевидной оказывается глубинная *загадочность предмета*. Полагаю, именно это качество серьезной мысли разумеет Гейзенберг, говоря здесь о поэзии. Неудивительно поэтому, что, например, Л. Витгенштейн был для него тоже «некоторым образом поэт»⁴⁰. Таким же «поэтом» был для Гейзенберга и Нильс Бор. Об этом свидетельствует уже сама тщательность работы Н. Бора с фразой, формулирование мысли как метод и форма мышления. Гейзенберг был поражен этой особенностью мышления Бора, когда работал с ним и его ближайшим сотрудником Хендриком Крамерсом в Копенгагене с сентября 1924 г. по апрель 1925 г. Дирак однажды сказал Гейзенбергу: «Бор должен был быть поэтом» — «Почему поэтом?» — удивился Гейзенберг. «Он слишком заботится о языке, — ответил Дирак, — все время совершенствует язык. Он должен был писать стихи»⁴¹.

Во всяком случае, свидетельство, зафиксированное Т. Куном, важно потому, что уточняет контекст, в котором Гейзенберг воспринял принцип наблюдаемости. Уяснением «философской» позиции, с которой ему впервые открылась возможность последовательного и принципиального построения квантовой теории, он обязан А. Эйнштейну и, добавим, Н. Бору. Уже в следующем, 1926 г., в беседе с Эйнштейном, которую он излагает в пятой главе «Части и целого», Гейзенберг признался, что «идея наблюдаемых величин на самом деле взята из его теории относительности»⁴². Не будем пересказывать то, что читатель может узнать из первых рук, отметим лишь основной контраргумент Эйнштейна: «Только теория решает, что именно можно наблюдать»⁴³. Это замечание указывает на ту черту, которая отличает экспериментальное исследование вообще от эмпирического. В релятивистской же и квантовой физике черта эта обнаруживается еще резче.

Наблюдение вообще может иметь теоретическое значение, только если имеется определенное *понятие*, позволяющее его так или иначе интерпретировать (понять). Если известная система понятий ставится под вопрос, как, например, система понятий классической кинематики в атомной физике, возникает ситуация, когда продуктивным кажется работать вообще без понятий, непосредственно связывая сумму экспериментальных наблюдений с формальными

⁴⁰ HDQT, p. 13, n. 13.

⁴¹ HDQT, p. 151, n. 174.

⁴² См. также: Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики, с. 198. О разговоре Гейзенберга с Эйнштейном см.: Румер Ю. Б. Возникновение матричной механики. В кн.: 50 лет квантовой механики. М.: Наука, 1977, с. 17—18. См. также главу «Встречи и беседы с Эйнштейном» в кн.: Heisenberg W. Tradition in der Wissenschaft. S. 111—125. Особо S. 117—118.

⁴³ С. 301 наст. изд.

математическими структурами, которые их «описывают» (пользоваться, например, вместо ненаблюдаемых «орбит» регистрируемыми частотами, зависящими от характеристик двух боровских орбит, и интенсивностями спектральных линий). Такова и была позиция Гейзенберга летом 1925 г.

В беседе с Эйнштейном он уяснил, что работать без понятий, значит работать без понимания, не зная, что, собственно, мы наблюдаем и рассчитываем. И если это «что» не может быть представлено классической идеализацией, речь идет не об отказе от понятий, а о радикальном изменении способа образования понятий в физике⁴⁴. В частности, речь шла об уяснении понятия дискретного стационарного состояния.

«Эти размышления,— замечает Гейзенберг,— были для меня совершенно новыми и произвели на меня тогда глубокое впечатление; впоследствии они также сыграли важную роль в моих собственных работах и оказались чрезвычайно продуктивными в развитии новой физики»⁴⁵. Значительно позже, анализируя историю квантовой механики именно как процесс развития понятий, Гейзенберг говорит со всей определенностью: «История физики не есть только ряд последовательных экспериментальных открытий и наблюдений, к которым присоединяется их математическое описание, она есть также история понятий. Первой предпосылкой понимания феноменов является введение подходящих понятий, только с помощью правильных понятий можем мы на самом деле знать, что мы наблюдаем»⁴⁶.

Позитивизм, в частности позитивизм Маха, мог служить хорошим эвристическим приемом и на деле был школой, в которой физики научились отвлекаться от классических «схем созерцания», а они в XIX веке действительно приобрели характер как бы естественного видения, непосредственного восприятия. Подобная натурализация классических идеализаций и называлась в позитивизме метафизикой. Но речь шла не об отказе, а о глубинной перестройке продуктивного воображения и лежащей в его основе логики образования понятий.

* * *

Говоря о встречах Гейзенберга с философией, мы не можем миновать — именно в этом контексте — глубочайшего влияния, которое оказал на него всем стилем своего мышления Нильс Бор. С Бором Гейзенберг познакомился в июле 1922 г. в Геттингене, где Бор читал цикл лекций по квантовой теории атома и периодической системе элементов. Во второй главе «Части и целого» Гейзенберг подробно рассказывает об обстоятельствах этой встречи и бе-

⁴⁴ Heisenberg W. Tradition in der Wissenschaft, S. 115.

⁴⁵ Ibid., S. 118.

⁴⁶ Ibid., S. 115. См. также: Гейзенберг В. Развитие понятий в физике XX столетия.— Вопросы философии, 1973, № 1, с. 79—88.

сиде с Бором во время их прогулки, с которой, как говорит Гейзенберг, собственно, и началось все его научное развитие.

Тогда же Бор пригласил Гейзенберга провести несколько недель в Копенгагене. Это оказалось возможным, однако, только двумя годами позже. В 1923 г. Гейзенберг работал в Геттингене у Макса Борна, занимаясь проблемой аномального эффекта Зеемана, одной из наиболее трудных по тем временам проблем. Результаты своей работы он сообщил Бору, и тот в дружеском письме вновь пригласил Гейзенберга в Копенгаген, чтобы подробно обсудить все вопросы.

Этой встрече неведомо для Гейзенберга способствовал Вольфганг Паули, с университетской скамьи ближайший друг Гейзенберга и суровый критик его работ. Он был, разумеется, в курсе занятий Гейзенберга, и вот что он писал Бору 11 февраля 1924 г.: «Недавно я по случаю видел Гейзенберга на конференции в Брауншвейге. Я всегда чувствую себя очень неловко с ним. Когда я размышляю о его идеях, они кажутся мне кошмарными, и про себя я страшно браню их. Дело в том, что он очень нефилософичен (unphilosophisch). Он не заботится о том, чтобы основные допущения были ясно разработаны и связаны с предшествующими теориями. Когда же я разговариваю с ним, он мне очень нравится, и я вижу, что у него — по крайней мере в душе — есть куча новых аргументов... Поэтому я очень рад, что Вы пригласили его в Копенгаген... Надо надеяться, он усвоит философскую установку вашего мышления»⁴⁷. После всего сказанного такой отзыв слышать странно, но В. Паули, далеко не чуждый философии⁴⁸ и сам испытавший мощное влияние Н. Бора (впоследствии он глубоко понял философскую всеобщность боровского принципа дополнительности), знал, что говорил.

В то время принцип соответствия в атомной физике позволял скорее интуитивно угадывать правильные формулы, чем логично выводить их. Теория была наполнена эрзацами классических понятий, гипотезами *ad hoc*, весьма искусственными моделями и мало осмысленным математическим формализмом. Последний в особенности был развит в геттингенской школе Макса Борна, у которого в то время работал В. Гейзенберг. Ситуация эта никого не удовлетворяла, но Нильс Бор, для которого физическая осмысленность теории всегда стояла на первом плане, более других был обеспокоен отсутствием принципов⁴⁹.

Ясно, что, говоря о философском качестве мышления, Паули имеет в виду прежде всего его принципиальность. Речь идет не о какой-нибудь системе философских взглядов, но и не просто о внутренней непротиворечивости теоретической системы.

⁴⁷ Pauli W. Wissenschaftlicher Briefwechsel, S. 143—144.

⁴⁸ Другом семьи Паули и его крестным отцом был Эрнст Мах, см.: HDQT, p. 134. В послевоенные годы философские размышления заняли весьма значительное место в его творчестве (см. предисловие А. Германна к «Научной переписке» Паули, p. XXIX—XXX).

⁴⁹ HDQT, p. 134—135.

В споре философов и физиков философия часто понимается — и той, и другой стороной — как своего рода теория — натурфилософская, метафизическая, гносеологическая, методологическая, — претендующая к тому же как-то «обобщать» результаты частных наук или же с каких-то своих «общих» позиций решать научные вопросы. Если так понимать философию, прав будет Ричард Фейнман, сказавший в одной из своих лекций: «Эти философы всегда топчутся около нас, они мельтешат на обочинах науки, то и дело порываясь сообщить нам что-то. Но никогда на самом деле они не понимали всей глубины и тонкости наших проблем»⁵⁰. Что философы не разбираются в физических проблемах — не беда, как не беда и то, что не все физики понимают суть философских проблем. Попросту это разные профессии. Беда, что философы, бывает, не понимают тонкость и глубину собственных проблем.

Философия коренится в «философичности», в определенном *качестве* мышления, а именно — его принципиальности в постановке проблем, о которой мы говорили в связи с греческой философией. Там, где теоретик сосредоточивает свое внимание на понятии и озадачивается вопросом, что, собственно, значит понять, что такое то, «что» мы собираемся понять, он впервые может почувствовать глубину и тонкость философских проблем.

Несомненно, мышление Нильса Бора отличалось именно этим качеством. Его заботило не столько формальное единство теории, сколько то, что делает эту теорию формой реального понимания предмета. Здесь он искал идею фундаментального принципа теоретического познания. Анализ философских предпосылок, определивших характер боровского мышления, увел бы нас слишком далеко⁵¹.

И вот Гейзенберг, приехавший в Копенгаген, чтобы обсудить с Бором несколько специальных вопросов своей недавней работы, заметил, что Бор предпочитает продолжить обсуждение общих оснований, которое они начали в Геттингене два года назад. «Он осознал тот факт, что занятие физикой — нечто большее, чем суммирование определенного числа удачных вычислений, проведенных с помощью хитроумных выдумок. Теперь он понял, что нуждается в философии, которой мог бы руководствоваться в дальнейшей работе. В то же время он обрел человека, который мог бы помочь ему усвоить такую философию... Много лет спустя Гейзенберг описывал свою встречу с Бором весной 1924 года как «дар небес»⁵².

⁵⁰ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 2. Пространство, время, движение. М.: Мир, 1965, с. 24.

⁵¹ См.: Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики, с. 167—181; Алексеев И. С. Концепция дополнителности. Историко-методологический анализ. М.: Наука, 1978.

⁵² NDQT, p. 141—142. Когда в ноябре 1933 г. Гейзенбергу была присуждена Нобелевская премия «За построение квантовой механики», он писал Бору (27 ноября 1933 г.): «Я знаю, что научился именно у тебя тому, как заниматься наукой, знаю, что тому немногому, что мне удалось сделать в физике, я обязан прежде всего копенгагенской атмосфере, в которой я вырос и был выпестован то-

Паули был удовлетворен. 27 июля 1925 года в письме Крамерсу он выражает свою полную солидарность с тем подходом, который развил Гейзенберг в своей пионерской статье, и отмечает, что его особенно радует сам метод его действий и то устремление, которое лежит в основе его рассуждений. «Я с радостью заметил также,— продолжает Паули,— что в Копенгагене Гейзенберг немного научился у Бора философскому мышлению и заметно отошел от чистого формализма... Теперь я чувствую себя менее одиноким, чем всего лишь полгода назад, когда (духовно и пространственно) я обрелся в одиночестве между Сциллой числовой мистики мюнхенской школы и Харибдой реакционного копенгагенского путча, распротранявшегося Вами со свойственными зелотам эксцессами»⁵³. («Сцилла» — это зоммерфельдовские формулы для расчета спектральных линий, а «Харибда» — это статья Бора, Крамерса и Слэтера «Квантовая теория излучения», из которой следовало, что закон сохранения энергии в применении к атомным процессам выполняется только статистически.) Противопоставляя работу Гейзенберга теории внутренних осцилляторов Бора, Крамерса и Слэтера, Паули указывал главный «философский» пункт расхождения: следует модифицировать не понятие энергии, а понятия движения и силы. В этом и увидел Паули «методологический» принцип Гейзенберга. Речь шла о понятиях, а не о способе обходиться без понятий.

Между тем сам Гейзенберг был иного мнения на этот счет. «К сожалению,— писал он Паули 24 ноября 1925 года,— моя собственная философия далеко не столь ясная, она представляет собой неразбериху всевозможных моральных и эстетических правил вычисления, в которых я сам часто теряюсь»⁵⁴.

«Философская» ясность появилась чуть позже, в 1927 году, в период нового пребывания в Копенгагене и тесного сотрудничества с Бором. Гейзенберг формулировал тогда соотношения неопределенностей, а Бор привез из своего отпуска; проведенного в Норвегии, первый проект принципа дополнительности. В известной статье 1927 года «О наглядном содержании квантотеоретической кинематики и механики» основу рассуждения составляет переопределение классических понятий: положение, скорость, энергия и т. д. в применении к микрообъектам⁵⁵.

Было бы неверно понимать рассказанную до сих пор историю встреч Гейзенберга с философией так, будто он каждый раз полностью усваивал философские идеи и руководствовался ими в научной работе. Нам было важно вдуматься в суть этих влияний, и поэтому я позволил себе сразу же очертить их принципиальное содержание. Что же касается собственно биографического плана, ясно одно:

бою. Пожалуй, и нынешним признанием я опять-таки прямо или косвенно большей частью обязан тебе...» Цит. по: Негтманн А. Op. cit., S. 51.

⁵³ Pauli W. Wissenschaftlicher Briefwechsel, S. 234.

⁵⁴ Pauli W. Wissenschaftlicher Briefwechsel, S. 262.

⁵⁵ Русский перевод статьи см. в УФН, 1977, т. 122, вып. 4, с. 651—671.

эти философские встречи как-то запечатлевались в сознании Гейзенберга, оставляли в нем, если воспользоваться термином стоиков, «семенные логосы». Прорастание, развитие и осознание этих идейных семян пришло позже, когда Гейзенберг снова вчитывался в Платона, изучал историю науки, продумывал проблемы квантовой физики и новые проблемы общей теории элементарных частиц.

До сих пор мы занимались выяснением возможных философских влияний, подспудно формировавших мышление Гейзенберга. Посмотрим теперь, как они претворились, став внутренним источником его сознательно философских размышлений.

Философские темы. Нильс Бор, по-видимому, и впрямь был по-византийски бабкой Гейзенберга-философа. Легко убедиться, что философское пробуждение Гейзенберга в самом деле произошло где-то на рубеже 20—30-х годов. В ряде докладов и лекций, прочитанных Гейзенбергом в 1932—1935 годах, так или иначе уже прямо затронуты вопросы, о которых мы говорили выше, и намечены почти все темы его позднейших философских выступлений. Чтобы читатель мог с самого начала иметь в виду совокупность и внутреннюю связь философских тем Гейзенберга, попробуем дать их общий очерк, опираясь, в основном, на материал этих первых выступлений.

1. От первого доклада до последней философской работы («Что такое элементарная частица») Гейзенберг строит свои размышления в форме не «философских вопросов квантовой физики», а *исторического анализа* развития научного мышления. Именно в исследовании природы и развития научных понятий видит он возможность корректного понимания «логической ситуации» современной физики.

2. С самого начала он включает в историю науки *древнегреческую философию*. Уже в докладе 1935 года он дополняет краткий очерк ее развития не только указанием на значимость идей «Тимея», но и анализом теории знания Платона (по «Государству»). Стремясь нащупать *границу*, отделяющую древнегреческую философию от науки нового времени, он замечает, что эта последняя носит преимущественно «дианоэтический» (аналитический, математически-описательный), а не «эпистемический» (интеллектуально-интуитивный) характер.

3. В противоречие с расхожим мнением Гейзенберг подчеркивает, что «коперниканская наука» основана не на описании непосредственного чувственного опыта, а как раз на абстрагировании от него, на его активной идеализации, обеспечивающей объективную всеобщность знания. Сближая Галилея с Платоном и противопоставляя ему Аристотеля, Гейзенберг замечает, что Галилея интересовало не то, как движутся тела в мире, а как *могло бы* двигаться тело, *если бы* оно двигалось, как точечная масса в пустоте. Единство и универсальность теории достигается ценой отказа от непосредственной полноты опыта. В результате такого принципиального усечения опыта возникает *граница*, разделяющая научное познание природы от того типа познания, который исповедовал Гёте в борьбе с ньютоновской наукой.

4. *Границу*, отделяющую современную физику от классической, Гейзенберг видит в том, что само последовательное применение классических понятий обнаружило их «неточность», связанную с неясностью относительно пределов их применимости. Иными словами, обнаружились пределы классических идеализаций. Исходя из такого понимания, Гейзенберг формулирует понятие «замкнутой теоретической системы» и концепцию научной революции.

5. Замкнутая, завершенная теоретическая система есть система *универсально истинная*, в *пределах* своей применимости. Пытаясь последовательно применить традиционные понятия, мы наталкиваемся на эти пределы и открываем, что они были получены в результате абстрагирующего усечения опыта. Попытка понятийно освоить новый опыт приводит к парадоксам, к противоречию опыта уже не отдельным утверждениям теории, а цельной системе понимания. Это и есть ситуация научной революции. Ясно, что она предполагает неустранимую *истинность* предшествующей системы (иначе сама проблема будет неистинной) и все же ее принципиальную *недостаточность* в целом, иначе говоря, ее замкнутость. Ни усовершенствовать, ни отвергнуть ее нельзя.

6. Цель науки — единство знания, унификация опыта. Поскольку, однако, всякая научная унификация строится на ограничениях, на отказе от полноты опыта, всякая тотально унифицирующая (замкнутая) система оставляет возможность *иного типа* научной унификации. Единство науки есть *единство* подобных замкнутых в себе *обособленных* систем, переход между которыми требует специфической умственной работы. Таковы, к примеру, ньютоновская механика, термодинамика, электромагнетизм в системе классической науки. Всякий унифицирующий редукционизм освобождает место иной, не менее универсальной точке зрения. Так, ньютоновский механизм как бы порождает универсальный натурализм Гёте.

7. Изменение структуры научного мышления, требуемое самим предметом современной физики (теория относительности и квантовая механика), Гейзенберг видит в необходимости соединить в понятии предмета его возможные, исключаящие друг друга экспериментальные (а потому классическим образом актуально выделяющие только одну *возможность бытия* предмета) представления^{55а}.

Нетрудно заметить, что перечисленные темы не просто очерчивают круг общекультурных «внешних» интересов Гейзенберга, но и представляют собой форму размышления над одной и той же проблемой. Их внутреннее единство коренится в определенном принципе, который был уяснен Гейзенбергом (по-видимому, в 1927 году, когда в беседах с Бором определились основы «копенгагенской интерпретации») в попытках осмыслить «логическую ситуацию» квантовой физики. Выход Гейзенберга в историю науки и даже

^{55а} См.: Ахутин А. В. Историко-научная концепция В. Гейзенберга. Вопросы истории естествознания и техники. 1988, № 4.

культуры в целом лишь раскрывает философскую всеобщность этого принципа и обосновывает ее.

Включение истории науки в размышления над смыслом квантово-механических проблем позволяет определить историческое место новейшей физики и характер ее согласованности с традицией. Но это достигается переосмыслением на базе опыта, обретенного новейшей физикой, образа самой традиции, открытием новых, неявных черт в логическом строе науки и, соответственно, в логике развития научного мышления. Глубокое усвоение Гейзенбергом философского урока современной физики дало ему возможность по-новому понять не только морфологию науки и ее истории, но и соотношение научного мышления с другими мыслительными позициями и с другими сферами культуры вообще. Вместе с тем такое расширение горизонта было для Гейзенберга способом вдумывания в исходную логическую ситуацию квантовой физики как всеобщую ситуацию мышления. Тот факт, что Гейзенбергу удалось уяснить столь принципиальную и философски конструктивную идею дает нам право — без натяжек и метафор — говорить не просто о философских взглядах, а о цельной философии В. Гейзенберга.

Что же это за идея, или принцип?

Среди понятий философии Гейзенберга несколько могут быть взяты в качестве ведущих — например структура мышления, центральный порядок, замкнутая теоретическая система. Но мы изберем в качестве основного то, которое, думается, ближе всего выражает суть искомого принципа. Это — понятие *границы*. Оно модифицируется в целом спектре значений: от понятия пределов применимости научной теории до понятия рубежей, граничащих мир человеческой культуры. Но во всех этих значениях артикулируется один смысл, сосредоточивающий в себе далеко не тривиальный проблематизм этого понятия. Гейзенберг именует границей некий *горизонт*, то, что ограничивает не особую область в мире природы или культуры, а особый мир, особое «всё».

Другой ведущей идеей Гейзенберга была идея «центрального порядка», идея центра, организующего единство знания («мировая формула»), единство науки и, шире говоря, единство европейской культуры, человеческого рода, космоса. Утрата смыслового средоточия⁵⁶ лишает смысла и теоретическое познание, и саму жизнь. Идея такого универсального порядка, по-видимости, противоречит идее границы, принципиальной ограниченности всякой универсализирующей точки зрения своим горизонтом. В этом и состоит суть проблемы. Понятие «горизонтальной» границы обнаруживает всю свою значимость *только* при условии требования единства. Основная

⁵⁶ Гейзенберг пользуется названием книги историка и философа искусства Г. Зедльмайера (S e d l m a y e r H. Verlust der Mitte: Die bildende Kunst des XIX—XX. Jahrhunderts als Symbol der Zeit. Salzburg, 1948), который занимал кафедру истории искусств в Мюнхенском университете в 1951—1964 гг. См. реферат этой книги в сб.: Общество. Культура. Философия. Материалы к XVII Всемирному философскому конгрессу. ИНИОН. М., 1983, с. 56—102

проблема может быть поэтому сформулирована так: как возможен переход через границу, как мыслим шаг за горизонт? Основное собрание речей и статей Гейзенберга, вышедшего в 1973 году незадолго до его смерти (1976), названо: «Schritte über Grenzen» — «Переход через границы», или «Шаги за горизонт». В одной из опубликованных здесь речей 1949 года⁵⁷ он повторяет свой излюбленный пример, приведенный им уже в речи на первом объединенном заседании съезда «Общества немецких естествоиспытателей и врачей» в 1934 году⁵⁸, — пример Колумба, вышедшего за горизонт известного мира и открывшего не просто новую землю, а новый образ мира. «При этом, — замечает Гейзенберг, — Колумб вовсе не отверг и не просто улучшил предшествующую географию, он лишь указал пределы ее применимости и лишил смысла некоторые ее вопросы (например, вопрос о крае Земли)».

Это, впрочем, всего лишь пример. «Горизонтальная» граница — не временная ограниченность, преодолеваемая по мере расширения нашего горизонта, а сам горизонт. Что же это значит?

В докладе «К истории физического объяснения природы», прочитанном на заседании Саксонской академии наук 19 сентября 1932 года, Гейзенберг, кажется, впервые касается этой проблемы. В противоположность обычному прогрессистскому пониманию развития науки он подчеркивает другую, менее заметную тенденцию. «...Почти каждый новый шаг в развитии естествознания, — замечает Гейзенберг, — достигается ценой отказа от чего-либо предшествующего... Таким образом, по мере расширения знаний у ученых в известной степени уменьшаются притязания на полное «познание» мира. Наблюдение природы человеком обнаруживает здесь близкую аналогию с индивидуальным актом восприятия, которое можно, подобно Фихте, рассматривать как самоограничение Я. Это означает, что в каждом акте восприятия мы из бесконечного множества выбираем только какую-либо одну определенную возможность и тем самым ограничиваем (определяем. — А. А.) также число возможностей для будущего»⁵⁹.

С чем же связана эта необходимость отказа от предшествующего знания и переход, актуализирующий (выбирающий) иную возможность познающего восприятия мира? Напомним в этой связи уже упоминавшуюся нами данную Гейзенбергом характеристику галилеевского метода и попросим читателя сопоставить ее с кантовским анализом экспериментального мышления. В этом контексте станет ясно, почему «возможность вывести из природных процессов простые и точно формулируемые законы покупается ценой отказа от непосредственного применения этих законов к явлениям природы»⁶⁰ и почему теоретическая система, претендующая на всеобщность,

⁵⁷ SūG, S. 107.

⁵⁸ Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. с. 9—11.

⁵⁹ Там же, с. 20.

⁶⁰ Там же, с. 28.

строится на основе абстрагирования, идеализирующего усечения полноты реального опыта. Она тем самым предполагает и даже полагает возможность иного «сечения» опыта, иного типа идеализации.

Унификация, универсализация неизбежно связаны с абстракцией⁶¹; в этом смысле они ограничены пределами применимости. Пределы эти имеют характер горизонта, поскольку ими обусловлена идеальная универсальность теории. Предмет в его самобытии некоторым образом вылезает за рамки универсальной теории и в этом образе может дать о себе знать, когда опыт оказывается непредставим в понятиях и идеализациях существующей теории. Его теоретическое освоение требует не совершенствования и не отвержения предшествующей теории, а иного способа идеализации, при которой многие вопросы прежнего типа лишаются смысла, хотя истинность породившей их теории не колеблется. «Горизонтальная» граница разделяет идеальные миры и несводимые друг к другу представления опыта.

В таком контексте и возникает у Гейзенберга понятие «замкнутой теории», безусловно истинной в пределах своего применения, т. е. при известных условиях идеализации. Таковы, например, классическая ньютоновская механика, статистическая физика Гиббса, специальная теория относительности вместе с электродинамикой и квантовая механика. «Под замкнутой теорией,— определяет Гейзенберг,— я понимаю систему аксиом, определений и законов, с помощью которой может быть правильно и непротиворечиво описана, т. е. математически выведена, большая область явлений»⁶². И уточняет: «Замкнутая теория — вовсе не точное отображение природы в соответствующей области, она есть идеализация опытов, которая успешно проводится с помощью понятийных основ теории»⁶³. И чем в большей степени мы аксиоматизируем понятия теоретической системы, чем больше, стало быть, делаем ее замкнутой, чем точнее указываем мы пределы ее применимости, тем яснее очерчиваем границу, за которой располагаются явления, не вмещающиеся в эти пределы, иными словами, возможность иной теоретической системы. Из самого опыта еще не ясно, имеем ли мы дело с принципиальной трудностью или же всего лишь с казусом. Только его теоретическое представление в системе иных, нежели, скажем, механических, понятий отчетливо обнаруживает разделяющую эти системы границу и впервые делает предшествующую теорию замкнутой. Так, только выработанное М. Фарадеем понятие поля сил применительно к электромагнитным явлениям и развитая затем на этой основе теория Максвелла впервые замкнули истинность ньютоновской механики, а специальная теория относительности довела дело до конца.

⁶¹ См.: доклад «Тенденции к абстракции в современном искусстве и науке».— SüG, S. 263—274.

⁶² Heisenberg W. Tradition in der Wissenschaft, S. 126.

⁶³ Ibidem, S. 128. О понятии «замкнутой теории» см. специальную статью в кн.: SüG, S. 87—94.

В результате проблема границы встает иначе. Она осознается как проблема соотношения теоретических систем и проблема перехода, т. е., по выражению Гейзенберга, как проблема изменения структуры мышления в развитии науки⁶⁴. В этой связи Гейзенберг обсуждает понятие научной революции.

Революцию в науке Гейзенберг понимает как сугубо внутреннее и вытекающее из самой логики развития научных понятий событие. Она вызывается не внезапными открытиями или гениальными идеями, а как раз предельной последовательностью в применении традиционных понятий и совершается поэтому не оригиналами и новаторами, а умом традиционным и консервативным, каким был, например, Макс Планк. Потому-то она и оказывается неизбежной.

«Революция в науке,— говорит Гейзенберг,— совершается путем минимальных изменений, путем сосредоточения всех усилий на решении заведомо нерешенной еще проблемы, действуя при этом весьма консервативно. Ибо только в том случае, когда новое навязано нам самой проблемой, идет не от нас, а в каком-то смысле извне,— оно обнаруживает впоследствии свою преобразующую силу и способность повлечь за собой весьма серьезные изменения»⁶⁵. При этом мы можем говорить о революции только в том случае, если затрагиваются сами начала, обеспечивающие претензию теоретической системы на всеобщность.

Глубинная обоснованность принципа идеализации и связанная с ним возможность создания замкнутой — формально непротиворечивой и экспериментально обеспеченной — системы делает ее всеобщей формой экспериментально-теоретического мышления: формой логической связи и наглядной схематизации понятий. С этой точки зрения иной способ мышления вообще кажется невозможным или неполным. Отсюда, например, попытки механической интерпретации поля с помощью «эфира» или введение скрыто детерминирующих параметров в квантовой механике. Создание электродинамики впервые достаточно ясно показало возможность теории, построенной на немеханических понятиях. Правда, ни Максвелл, ни Герц не утверждали эту теорию в качестве новых «начал натуральной философии», но монархические полномочия ньютоновской механики были поставлены под вопрос. Единые начала «натуральной философии» стали проблемой. И когда столкнулись с теми конкретными проблемами, где механика, статистическая физика и электродинамика не могли быть разведены по «сферам применимости», когда стало необходимым вновь определить единые начала физического мышления, обнаружилось, что дело идет не просто о теоретических затруднениях, а об изменении структуры «натуральной философии». Мы уже замечали, что эти проблемы стали истоком теории отно-

⁶⁴ Так назывался доклад Гейзенберга, прочитанный им на заседании «Объединения немецких ученых» в Мюнхене в 1969 г.— *SüG*, S. 87—94.

⁶⁵ *SüG*, S. 273. В другом месте Гейзенберг говорит о том, что революцию вынуждает сам предмет (*Sachzwang*), а не воля ученого.— *SüG*, S. 286.

сительности и квантовой механики. Только с этого момента и можно говорить о научной революции XX века.

Здесь выяснилась одна особенность. Оказалось, что новая теория должна была быть построена как бы на «пересечении параллельных»; ведь замкнутые универсальные системы классической физики не могли быть непротиворечиво сведены в одну. *Надо было ввести в теорию саму границу между теориями.*

Попытка де Бройля и Шредингера сделать универсальной волновую механику подобна попыткам «эфирного» устранения понятия поля. Фундаментальное открытие философского характера состояло в следующем: *реальность не может быть описана в одной системе понятий.* В понятие реальности следовало явно включить тот результат — уже не только физического, но и гносеологического опыта, — что всякое ее экспериментальное исследование и теоретическое представление основаны на идеализирующем определении, ограничении — на активном *обусловливанши* безусловного бытия этой реальности. Своеобразная безусловность нового способа построения теории (и возникающая вследствие этого видимость окончательного единства) выражается в том, что сам математический формализм, описывающий свободное (чистое) состояние системы (например, пси-функция, вектор в гильбертовом пространстве), непосредственно не соотносим ни с какой идеально-объектной схематизацией. Он описывает не идеальный горизонт эксперимента, а только *возможности* поведения системы при ее рассмотрении в том или ином *горизонте*, т. е. при тех или иных экспериментальных условиях, еще иначе — при тех или иных реальных воздействиях на нее.

Таким образом, в самом математическом формализме теории учитывается ограничивающая функция эксперимента (теоретического восприятия), который позволяет «наблюдать» предмет не безусловно, а лишь при определенных условиях, т. е. определенным способом деформируя его. Смысл релятивизации кантовского «априори», о которой говорил Вайцеккер, в том, что граница, определяющая возможность объективации и, следовательно, объективного познания, не *предполагается* как некий априорный или трансцендентальный горизонт; она входит в понятие предмета (возможного экспериментального познания) как *полагаемая*, как *акт* полагания. В самом понятии предмета учитывается теперь, что познавательная абстракция есть реальное *вторжение* в предмет, реальная актуализация одной возможности его существования за счет устранения из поля зрения других возможностей.

Понятно отсюда, почему и каким образом возникает впечатление, что именно физически не интерпретируемый математический формализм, описывающий «чистое» состояние, непосредственно соотнесен с «предметом» в его незатронутом бытии-в-себе, почему; иными словами, именно формализму можно приписать *онтологическое* значение.

Когда мы переходим к общей теории элементарных частиц, эта ситуация приобретает еще большую определенность. Здесь нет

возможности углубляться в вопрос, ограничимся лишь одним замечанием. Объективное познание как форма понимания предмета в его *внеобъектном* бытии предполагает изучение его в его самообъективирующих потенциях, изучение его не через действие на другое, как это делала классическая физика, а в действии на себя (как *causa sui*). В физике это связано с понятием нелинейности фундаментального поля. В гейзенберговской единой теории поля порождение системы элементарных частиц должно описываться нелинейным дифференциальным уравнением, ограничения которого (допускающие возможность определенных решений) вводятся принципами симметрии, связанными с законами сохранения. Здесь, следовательно, физические взаимодействия изучаются не только в связи с ограничивающими условиями экспериментальной установки, но как некие формы *порождающего самоограничения*. В результате понятие границы выводится из гносеологического плана, она может быть истолкована как онтологический принцип, как *порождающая* форма. Впрочем, мы выходим здесь за рамки философии Гейзенберга, но выходим, надо надеяться, путем, намеченным самим Гейзенбергом.

Теперь нам, возможно, стали яснее основания гейзенберговского платонизма, а вместе с тем и его утверждение, что современная физика каким-то образом граничит с античной философией⁶⁶. Это утверждение, однако, станет еще более определенным, если мы в двух словах упомянем о весьма важном дополнении, которое Гейзенберг впервые ввел в книге «Физика и философия». Говоря здесь о работе Бора, Крамерса и Слэтера 1924 года, которую можно считать истоком вероятностного истолкования понятия волны в квантовой механике, Гейзенберг замечает: «Она (эта интерпретация.— А. А.) означала количественное выражение старого понятия «потенция» аристотелевской философии. Она ввела странный вид физической реальности, который находится приблизительно посредине между возможностью и действительностью»⁶⁷. В докладе «Язык и реальность в современной физике», прочитанном в 1960 году на заседании Баварской академии изящных искусств, Гейзенберг коснулся этого вопроса подробнее. Говоря об «онтологии квантовой теории», Гейзенберг отмечает, что первым ее понятием является определение состояния атомной системы как «существования» возможных состояний, т. е. скорее как возможность, чем как действительность. «Из этого видно,— заключает Гейзенберг,— что понятие возможности, которое играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение. Математические законы квантовой теории можно рассматривать просто как количественную формулировку аристотелевских понятий «дюнамис» или «потенция»⁶⁸. Это дополнение «платонизма» «аристотелизмом», несомненно, делает сближение логической ситуа-

⁶⁶ Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики, с. 47.

⁶⁷ Гейзенберг В. Физика и философия. М.: ИЛ, 1963, с. 22.

⁶⁸ SüG, S. 179.

ции современной физики с античной философией уже не просто аналогией. Видимо, здесь действительно нашупывается тот уровень принципиальных проблем, на котором современная мысль граничит с античной и может вступить с ней в сотрудничество.

Понятие границы у Гейзенберга, однако, не исчерпывается перечисленными смысловыми возможностями. В заключение необходимо отметить еще один аспект. В связи с поисками «мировой формулы» в попытках создания теории поля встал вопрос о конце физики. Гейзенберг специально посвятил этому вопросу заметку, опубликованную в октябре 1970 года⁶⁹. Он отмечает, что и возможная общая теория элементарных частиц также является замкнутой теорией, т. е. и ее следует понимать как *идеализацию* реальной полноты опыта. Опыт таких наук, как биология, если не принимать во внимание других, нежели наука, мыслительных возможностей, может оказаться нередуцируемым к физике. «В первую очередь,— заключает далее Гейзенберг,— надо сосредоточить свое внимание на расплывчатых границах физики со смежными сферами науки и на ином способе образования понятий. К таким пограничным сферам относятся математика, теория информации и философия, и в будущем, обсуждая очередное научное завоевание, мы, видимо, не всегда сможем без затруднения решать, идет ли здесь речь об успехе физики, теории информации или философии...»⁷⁰. Если физика не может закончиться, то, добавим от себя, только в смысле ее замыкания в целом. Она заканчивается, образуя навеки истинную грань в многограннике человеческого духа.

Нет нужды искать точную формулировку ведущего принципа философии Гейзенберга, корнящегося в идее границы. Ясно, что он ближайшим образом связан с ведущим философским принципом его учителя Нильса Бора, с принципом дополнительности. Ясно также и то, что принцип этот представляет собой достаточное основание, чтобы включить философию Вернера Гейзенберга в философскую традицию⁷¹.

⁶⁹ SūG, S. 306—313.

⁷⁰ SūG, S. 313.

⁷¹ Д ж е м е р М. Эволюция понятий квантовой механики, с. 365—369; Petersen A. Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition, MIT, 1968.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИЧНЫХ ИМЕН *

- АВГУСТИН** (Augustinus) Аврелий (354—430), богослов, епископ Гиппонский
АЛЕКСАНДРОВ Александр Данилович (р. в 1912 г.), советский математик
АНАКСИМАНДР (ок. 610—после 547 до н. э.), древнегреческий философ
АНАКСИМЕН (ок. 588 — ок. 525 до н. э.), древнегреческий философ
АРИСТОТЕЛЬ (384—322 до н. э.), древнегреческий философ
- БЕККЕРЕЛЬ** (Becquerel) Александр Эдмон (1820—1891), французский физик
БЕРКЛИ (Berkeley) Джордж (1685—1753), английский философ, один из родоначальников субъективного идеализма в новое время
БЕТЕ (Bethe) Ханс Альбрехт (р. в 1906), немецкий физик-теоретик, с 1935 г. в США
БЕТХОВЕН (Beethoven) Людвиг ван (1770—1827), немецкий композитор
БЛОХ (Bloch) Феликс (р. в 1905), американский физик
БЛОХИНЦЕВ Дмитрий Иванович (1908—1979), советский физик-теоретик
БОЛЬЯИ (Bolyai) Янош (1802—1860), венгерский математик, один из основоположников (1832 г.) неевклидовой геометрии
БОМ (Bohm) Дэвид Джозеф (р. в 1917 г.), английский физик-теоретик, с 1961 г. в США
БОНХЕФФЕР (Bonhoeffer) Карл Фридрих (1899—1957), немецкий физик
БОПП (Bopp) Франц (1791—1867), немецкий языковед, один из основателей сравнительного языкознания
БОР (Bohr) Нильс Хенрик Давид (1885—1962), датский физик
БОРН (Born) Макс (1882—1970), немецкий физик-теоретик
БРОЙЛЬ, де (de Broglie) Луи (р. в 1892 г.), французский физик-теоретик
БУТЕНАНДТ (Butenandt) Адольф Фридрих (р. в 1903 г.), немецкий биохимик
БЪЕРРУМ (Bjerrum) Яник (р. в 1909 г.), датский физик
БЭКОН (Bacon) Фрэнсис (1561—1626), английский философ-материалист
БЮКИНГ (Bücking), лейпцигский издатель
- ВЕБЕР** (Weber) Макс (1864—1920), немецкий социолог
ВЕЙЛЬ (Weyl) Герман (1885—1955), швейцарский математик
ВЕЙЦЗЕККЕР (Weizsäcker) Карл Фридрих фон (р. в 1912 г.), немецкий физик-теоретик и астрофизик
ВЕРДЕН (Verden), ван дер, Бартел Лендерт (р. в 1903 г.), голландский математик
ВИГНЕР (Wigner) Эуген Пол (р. в 1902 г.), американский физик-теоретик
ВИЛЬГЕЛЬМ II (Wilhelm II) (1859—1941), германский император
ВИЛЬСОН (Wilson) Чарльз Томсон Рис (1869—1959), английский физик, создатель (в 1912 г.) прибора для наблюдения следов заряженных частиц («камера Вильсона»)
ВИН (Wien) Вильгельм (1864—1928), немецкий физик
ВИРТЦ (Wirtz) Карл (р. в 1910 г.) немецкий физик, друг В. Гейзенберга
ВИТГЕНШТЕЙН (Wittgenstein) Людвиг (1889—1951), австрийский логик и философ, один из основателей логического позитивизма
ВОЛЬТА (Volta) Алессандро (1745—1827), итальянский физик
- ГАЙДН** (Haydn) Франц Йозеф (1732—1809), австрийский композитор

* Составлен Б. А. Старостиным.

ГАЛИЛЕЙ (Galilei) Галилео (1564—1642), итальянский физик и астроном, один из создателей современного экспериментального естествознания
ГАЛЬВАНИ (Galvani) Луиджи (1737—1798), итальянский физик и физиолог
ГАН (Hahn) Отто (1879—1968), немецкий физик и радиохимик
ГАРНАК (Harnack) Адольф (1851—1930), немецкий протестантский богослов
ГАУСС (Gauss) Карл Фридрих (1777—1855), немецкий математик и физик
ГЕГЕЛЬ (Hegel) Георг Вильгельм Фридрих (1770—1831), немецкий философ
ГЕЛЬМГОЛЬЦ (Helmholtz) Герман Людвиг Фердинанд (1821—1894), немецкий физик и физиолог
ГЕРАКЛИТ ЭФЕССКИЙ (ок. 520 — ок. 460 до н. э.) древнегреческий философ-материалист
ГЕРЛАХ (Gerlach) Вальтер (1889—1979), немецкий физик-экспериментатор
ГЕРМАН (Hermann) Грета (ФРГ), автор работ по философским вопросам, сторонница неокантианства
ГЕРЦ (Hertz) Генрих Рудольф (1857—1894), немецкий физик
ГЕТЕ (Goethe) Иоганн Вольфганг (1749—1832), немецкий поэт и мыслитель
ГИББС (Gibbs) Джозайя Уиллард (1839—1903), американский физик
ГИППАРХ (II в. до н. э.), древнегреческий астроном
ГЮЙГЕНС (Huygens) Христиан (1629—1695), голландский математик, астроном и физик

ДАРВИН (Darwin) Чарльз Роберт (1809—1882), английский биолог, создатель современного эволюционного учения
ДЕКАРТ (Descartes) Рене (1596—1650), французский философ и естествоиспытатель
ДЕМОКРИТ (ок. 460—370 гг. до н. э.), древнегреческий философ-материалист, один из создателей атомистики
ДЖЕМС (James) Уильям (1842—1910), американский психолог и философ
ДЖИНС (Jeans) Джеймс Хопвуд (1877—1946), английский астрофизик
ДИНГЛЕР (Dingler) Гуго Альберт (1881—1954), немецкий математик
ДИРАК (Dirac) Поль Адриен Морис (1902—1984), английский физик-теоретик
ДРУДЕ (Drude) Буркхард, (р. в 1903 г.), немецкий физик
ДЮРР (Dürr) Ганс-Петер (р. в 1929 г.), немецкий физик

ЕВКЛИД (III в. до н. э.), древнегреческий геометр и оптик

ЖОЛИО (Жолио-Кюри) (Joliot-Curie) Фредерик (1900—1958), французский физик и общественный деятель

ЗАУЭРБРУХ (Sauerbruch), Фердинанд (1875—1951), немецкий хирург
ЗОММЕРФЕЛЬД (Sommerfeld) Арнольд Иоганн Вильгельм (1868—1951), немецкий физик-теоретик

ИОРДАН (Jordan) Паскуаль (1902—1980), немецкий физик
ЙЕНСЕН (Jensen) Йоханнс Ханс Даниэль (1907—1973), немецкий физик-теоретик
ЙЕССЕН (Jessen), немецкий политический деятель, участник заговора 1944 г.

КАНТ (Kant) Иммануил (1724—1804), немецкий философ
КЛЕЙН (Klein) Оскар Бенджамин (1894—1977), шведский физик-теоретик
КОКРОФТ (Cockroft) Джон Дуглас (1897—1967), английский физик
КОМПТОН (Compton) Артур Холли (1892—1962), американский физик
КОРИНТ (Corinth) Ловиб (1858—1925), немецкий художник
КРАМЕРС (Kramers) Хендрик Антони (1894—1952), голландский физик-теоретик
КУРЛЬБАУМ (Kurlbaum) Фердинанд (1857—1927), немецкий физик-экспериментатор
КЮРИ (Curie) Пьер (1859—1906), французский физик, один из основателей учения о радиоактивности

ЛАНДАУ Лев Давыдович (1908—1968), советский физик-теоретик
ЛАПОРТ (Laporte) Отто (1902—1971), американский физик
ЛАУЭ (Laue), Макс Феликс Теодор фон (1879—1960), немецкий физик-теоретик

ЛЕВКИПП (5 в. до н. э.), древнегреческий философ-материалист, создатель античной атомистики

ЛЕНАРД (Lenard) Филипп Эдуард Антон (1862—1947), немецкий физик

ЛИ ЦЗУНДАО (Lee) (р. в 1926 г.), китайский физик

ЛИНДЕМАН (Lindemann) Фердинанд (1852—1939), немецкий математик

ЛОБАЧЕВСКИЙ Николай Иванович (1792—1856), русский математик

ЛОКК (Locke) Джон (1632—1704), английский философ-материалист

ЛОРЕНЦ (Lorentz) Хендрик Антон (1853—1928), голландский физик-теоретик

ЛОРЕНЦ (Lorenz) Конрад (р. в 1903 г.), австрийский зоолог

ЛОУРЕНС (Lawrence) Эрнест Орландо (1901—1958), американский физик

МАЙТНЕР (Meitner) Лиз (1878—1968), австрийский физик и радиохимик

МАКСВЕЛЛ (Maxwell) Джеймс Клерк (1831—1879), английский физик

МАЛЬБРАНШ (Malebranche) Никола (1638—1715), французский философ-идеалист

МАНЕ (Manet) Эдуард (1832—1883), французский художник-импрессионист

МАХ (Mach) Эрнст (1838—1916), австрийский физик и философ

МИЛЛЕР (Miller) Дайтон Кларенс (1866—1941), американский физик

МИНКОВСКИЙ (Minkowski) Герман (1864—1909), немецкий математик

МОЦАРТ (Mozart) Вольфганг Амадей (1756—1791), австрийский композитор

НЕЙМАН (Neuman) Джон (1903—1957), американский математик и философ

НЕЛЬСОН (Nelson) Леонард (1882—1927), немецкий философ, глава психологического направления в неокантианстве

НЕРНСТ (Nernst) Вальтер Фридрих Герман (1864—1941), немецкий физик и физико-химик

НИЦШЕ (Nietzsche) Фридрих (1844—1900), немецкий филолог и философ

НЬЮТОН (Newton) Исаак (1643—1727)

ПАЙЕРЛС (Peierls) Рудольф Эрнст (р. в 1907 г.), английский физик-теоретик

ПАРМЕНИД из Элен (конец VI—V вв. до н. э.), древнегреческий философ

ПАУЛИ (Pauli) Вольфганг (1900—1958), швейцарский физик-теоретик

ПАУЭЛЛ (Powell) Сесил Франк (1903—1969), английский физик

ПЕГРАМ (Pegram) Джордж Бракстон (1876—1958), американский физик-экспериментатор

ПИФАГОР Самосский (ок. 580—500 до н. э.), древнегреческий философ и математик

ПЛАНК (Planck) Макс Карл Эрнст Людвиг (1858—1947), немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой теории

ПЛАТОН (427—347 до н. э.), древнегреческий философ, один из создателей объективного идеализма

ПОПИТЦ (Popitz), немецкий политический деятель, министр, участник антигитлеровского заговора 1944 г.

ПТОЛЕМЕЙ Клавдий (I—II в. н. э.), Александрийский астроном и космолог, создатель геоцентрической системы

ПУАНКАРЕ (Poincaré) Жюль Анри (1854—1912), французский математик и физик

РЕЗЕРФОРД (Rutherford) Эрнест (1871—1937), английский физик, один из создателей ядерной физики

РЕНТГЕН (Roentgen) Вильгельм Конрад (1845—1923), немецкий физик-экспериментатор

РИМАН (Riemann) Георг Фридрих Бернхард (1826—1866), немецкий математик

РОУЛАНД (Rowland) Генри Огастес (1848—1901), американский физик

РУБЕНС (Rubens) Генрих (1865—1922), немецкий физик-экспериментатор

РУССО (Rousseau) Жан Жак (1712—1778), французский философ-просветитель

РЭЛЕЙ (Rayleigh) Джон Уильям Стретт (1842—1919), английский физик

СЕП (Sep) Руф, немецкий архитектор

СЛЭТЕР (Slater) Джон Кларк (1900—1976), американский физик-теоретик

ТЕЛЛЕР (Teller) Эдвард (р. в 1908 г.), американский физик

ТЕОФРАСТ Тиртам (372—287 г. до н. э.), древнегреческий философ и естествоиспытатель, автор первой «Истории физики»

УОЛТОН (Walton) Эрнест Томас Синтон (р. в 1903 г.), ирландский физик

ФАЛЕС (ок. 625 — ок. 547 гг. до н. э.), древнегреческий философ

ФАРАДЕЙ (Faraday) Майкл (1791—1867), английский физик, автор концепции поля

ФЕРМИ (Fermi) Энрико (1901—1954), итальянский физик, с 1938 г. в США

ФИЗО (Fizeau) Арман Ипполит Луи (1819—1896), французский физик, первый
(в 1849 г.) измеривший скорость света в земных условиях

ФРАНК (Frank) Джеймс (1882—1964), немецкий физик

ФРЕЙНДЛИХ (Freindlich) Мартин Моррис (р. в 1905 г.), американский астроном

ФРИДРИХ II (Friedrich II), XVI век, датский король

ХОЛЬСТ (Holst), Эрих фон (р. в 1908 г.), немецкий (ФРГ) зоолог и этолог

ХУНД (Hund) Фридрих (р. в 1896 г.), немецкий (ФРГ) физик-теоретик

ЧЕДВИК (Чадвик, Чэдвик, Chadwick), Джеймс (1891—1974), английский физик-теоретик

ШАРДИН (Chardin Hubert), немецкий физик

ШЕКСПИР (Shakespeare), Уильям (1564—1616)

ШИЛЛЕР (Schiller) Иоганн Фридрих (1759—1805), немецкий поэт и драматург

ШРЕДИНГЕР (Schrödinger) Эрвин (1887—1961), австрийский физик-теоретик

ШТЕРН (Stern) Отто (1888—1969), немецкий физик-экспериментатор, с 1933 г.
в США

ШУБЕРТ (Schubert) Франц Петер (1797—1828), австрийский композитор

ШУМАН (Schumann) Роберт Александер (1810—1856), немецкий композитор

ШУМАХЕР (Schumacher) Элизабет, с 1937 г. жена В. Гейзенберга

ЭЙЛЕР (Euler) Ганс (1873—1964), немецкий физик

ЭЙНШТЕЙН (Einstein) Альберт (1879—1955), физик-теоретик, один из творцов
современной физики

ЭЙХЕНВАЛЬД Александр Александрович (1864—1944), русский физик

ЭРЕНФЕСТ (Ehrenfest) Пауль (1880—1933), голландский физик-теоретик

ЮМ (Hume) Дэвид (1711—1776), английский философ

ЯНОШИ (Janossi) Лайош (1912—1978), венгерский физик

ЯНГ (Yang) Чжэньнин (р. в 1922 г.), китайский физик

О Г Л А В Л Е Н И Е

ФИЗИКА И ФИЛОСОФИЯ (Пер. с нем. И. А. Акчурина, Э. П. Андреева)

Предисловие	5
I. Значение современной физики в наше время	7
II. История квантовой теории	9
III. Копенгагенская интерпретация квантовой теории	19
IV. Квантовая теория и истоки учения об атоме	28
V. Развитие философских идей после Декарта в сравнении с современным положением в квантовой теории	40
VI. Соотношение квантовой теории и других областей современного естествознания	52
VII. Теория относительности	64
VIII. Критика и контрпредложения в отношении копенгагенской интерпретации квантовой теории	77
IX. Квантовая теория и строение материи	89
X. Язык и реальность в современной физике	104
XI. Роль новой физики в современном развитии человеческого мышления	118
Примечания и комментарии	131

ЧАСТЬ И ЦЕЛОЕ (Пер. с нем. В. В. Библихина)

Предисловие	135
I. Первая встреча с учением об атоме (1919—1920)	137
II. Решение изучать физику (1920)	149
III. «Понимание» в современной физике (1920—1922)	160
IV. Уроки политики и истории (1922—1924)	174
V. Квантовая механика и беседа с Эйнштейном (1925—1926)	187
VI. Прорыв в новую землю (1926—1927)	198
VII. Первые беседы об отношении естествознания к религии (1927)	208
VIII. Атомная физика и прагматический образ мысли (1929)	218
IX. Беседы о связи между биологией, физикой и химией (1930—1932)	227
X. Квантовая механика и философия Канта (1930—1932)	239
XI. Дискуссия о языке (1933)	247
XII. Революция и университетская жизнь (1933)	261
XIII. Дискуссии о возможностях атомной техники и об элементарных частицах (1935—1937)	273
XIV. Поведение отдельного человека во время политической катастрофы (1937—1941)	282

XV. Путь к новому началу (1941—1945)	295
XVI. Об ответственности исследователя (1945—1950)	306
XVII. Позитивизм, метафизика и религия (1952)	318
XVIII. Политическая и научная полемика (1956—1957)	330
XIX. Единая теория поля (1957—1958)	341
XX. Элементарные частицы и философия Платона (1961—1965)	347
Примечания и комментарии.	356
А. В. А х у т и н. Вернер Гейзенберг и философия.	361
Указатель личных имен.	395

Научное издание

ГЕЙЗЕНБЕРГ Вернер
ФИЗИКА И ФИЛОСОФИЯ. ЧАСТЬ И ЦЕЛОЕ

Заведующий редакцией *Н. А. Носова*

Редакторы *В. Аршинов, Л. Николаева*

Художественный редактор *Т. Кольченко*

Технический редактор *И. Шумилина*

Корректоры: *Г. Барчукова, Н. Голубцова, М. Логина*

ИБ № 30918

Сдано в набор 13.02.89. Подписано к печати 27.07.89. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 1.
 Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 25 Усл. кр.-отт. 25. Уч.-изд. л. 27,65 Тираж 14 000 экз
 Заказ № 1853 Цена 2 р 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
 Главная редакция физико-математической литературы
 117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Вторая типография издательства «Наука»
 121099 Москва Г-99, Шубинский пер., 6