

самонадеянным, но и не почтительным к божественному величию. Канторианты, казалось ему, стремятся действовать именно так в математике. Поэтому-то он, реалист в теории, был идеалистом на практике. Существует познаваемая реальность, она вне нас и не зависит от нас; но все то, что мы можем о ней знать, зависит от нас — это не что иное, как будущее, некоторого рода наслаивание последовательных побед. Остаток реален, но вечно непознаваем.

Однако случай Эрмита особый, и я о нем не буду больше говорить. Во все времена в философии были противоположные течения, и не видно, чтобы эти течения стремились примириться. Без сомнения, существуют различные души, и мы ничего не можем в них изменить. Нет никакой надежды увидеть установившееся согласие между прагматистами и канторианцами. Люди не понимают друг друга потому, что они не говорят на одном и том же языке, и потому, что есть языки, которые не могут быть изучены.

В то же самое время в математике имеют обыкновение понимать друг друга; и это именно благодаря тому, что я назвал проверками; они являются окончательными судьями, и перед ними склоняется всякий. Но там, где этих проверок нет, математики не проникают дальше простых философов. Когда речь идет о том, имеет ли смысл непроверяемая теорема, кто может выносить суждение, если проверять ее запрещено по определению? Остается только привести своего противника к противоречию. Но попытка была сделана и ничего не достигла.

Было отмечено много противоречий, и несогласие осталось; никто не был убежден. От противоречий всегда можно избавиться удачным приемом, а именно: *distinguo*¹⁾.

Глава VI

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МАТЕРИИ И ЭФИРА

Когда Абрагам просил меня заключить серию собраний, организованных французским Физическим обществом, я сперва хотел отказаться. Мне казалось,

¹⁾ Латинское выражение, означающее «я различаю». — *Примеч. ред.*

что все вопросы были полностью разобраны и что я не мог бы ничего прибавить к тому, что было так хорошо сказано. Мне ничего не оставалось, как постараться резюмировать впечатление, создавшееся под влиянием совокупности этих работ, и это впечатление такое ясное, что каждый из вас должен был его испытать в такой же степени, как и я, и я не смогу дать ему большей ясности, пытаюсь выразить его словами. Но Абрагам так любезно настаивал, что я вынужден был поступиться неизбежными затруднениями, из которых наибольшим является необходимость повторять то, что каждый из вас уже давно обдумал, и наименьшим — необходимость пробежать множество различных вопросов, не имея времени на них остановиться.

Первое впечатление должно было ошеломить всех слушателей: старые механистические и атомистические гипотезы в последнее время приобрели такую прочность, что почти перестают казаться гипотезами; атомы более уже не являются удобными фикциями; нам кажется, что мы, так сказать, видим их с тех пор, как научились их считать. Гипотеза укрепляется и выигрывает в правдоподобии, когда она объясняет новые факты, но это происходит многими способами; чаще всего она должна расширяться, чтобы объяснить новые факты, и иногда она теряет в строгости при таком расширении, иногда бывает необходимо привить к ней дополнительную гипотезу, которая к ней очень подходит, которая не слишком отличается от основной гипотезы, но которая все же является чем-то посторонним, придуманным нарочно для достижения определенной цели, которая, одним словом, является выходом из положения. В этом случае нельзя сказать, что опыт подтвердил первоначальную гипотезу, но все же он ей и не противоречит. Или, еще лучше, между фактами новыми и старыми, для которых первоначально и была придумана гипотеза, существует такая тесная связь, что всякая гипотеза, объясняющая одни факты, должна тем самым объяснять и другие; таким образом, проверяемые факты являются только внешне новыми.

Не то мы имеем, когда опыт открывает совпадение, которое можно было предвидеть и которое произошло не случайно и особенно, если дело идет о

численном совпадении. Действительно, совпадения такого рода мы имеем среди явившихся в течение последнего времени подтверждений атомистических идей.

Кинетическая теория газов получила, образно выражаясь, неожиданные подкрепления. Новые идеи точно укладываются в нее; с одной стороны, это теория растворов, с другой — электронная теория металлов. Молекулы растворенного вещества, так же как и свободные электроны, которым металлы обязаны своей электрической проводимостью, ведут себя как газовые молекулы в содержащих их оболочках. Параллелизм полный и может быть продолжен до численных совпадений. Этим сомнительное обращается в возможное; каждая из этих трех теорий, если бы она была изолированной, казалась бы нам только остроумной гипотезой, которую можно заменить другими объяснениями, столь же правдоподобными; но так как в каждом из этих случаев понадобились различные объяснения, то отмеченные совпадения нельзя было приписывать лишь случаю; это является неприемлемым, так как три кинетические теории делают эти совпадения необходимыми. Далее теория растворов заставляет нас естественным образом перейти к теории броуновского движения, где невозможно рассматривать тепловое движение как мысленную фикцию, потому что его непосредственно видно в микроскоп.

Блестящие определения числа атомов, произведенные Перреном, дополнили этот триумф атомизма. Многочисленные согласия между результатами, полученными совершенно различными способами, упрочивают наше убеждение. Еще очень недавно считали себя счастливыми, видя, что найденные числа имеют одинаковое число цифр; тогда даже не требовали, чтобы первая значащая цифра была та же; сейчас эта первая цифра найдена, и что особенно замечательно, так это то, что пользовались самыми разнообразными свойствами атома. В способах, вытекающих из броуновского движения, или в тех, которые связаны с законом излучения, считают не непосредственно атомы, а степени свободы; там, где говорят о голубом цвете неба, уже не механические свойства атома идут в расчет, а рассматривают атомы как

причину оптической дискретности; наконец, когда пользуются радием, считают испускаемые частицы. Если бы в этом пункте были разногласия, то согласовать их было бы очень трудно, но, к счастью, их не было.

Атом химика — сейчас реальность, но это не значит, что мы близко подошли к первичному элементу вещей. Когда Демокрит предложил атомы, он считал их абсолютно неделимыми, помимо которых ничего не остается искать. Именно это и должно значить само слово по-гречески, и именно для этой цели оно и было придумано; за атомом не должно быть больше тайны. Следовательно, атом химика не дал бы ему полного удовлетворения, так как этот атом вовсе не является неделимым, он не является истинным элементом, он не свободен от тайны, этот атом — целый мир. Демокрит сказал бы, что после всех перенесенных для его отыскания трудов мы не продвинулись дальше, чем в самом начале; эти философы никогда не бывают довольны.

Ведь, и в этом заключается второе наше впечатление, всякое новое открытие физики выявляет нам новое усложнение атома. Прежде всего, тела, которые считали простыми и которые во многих отношениях вели себя совсем как простые тела, способны разлагаться на еще более простые тела. Атом распадается на более мелкие атомы. То, что называют радиоактивностью, есть не что иное, как непрерывный распад атома. Иногда, говоря о преобразовании элементов, выражаются не вполне точно, так как в действительности элемент не превращается в другой, а разлагается на несколько других. Продукты этого разложения все еще остаются химическими атомами, подобными во многих отношениях тем, которые, разрушаясь, их произвели. Таким образом, явление могло бы быть выражено, подобно самой обычной реакции, химическим уравнением, которое приняли бы без особых страданий самые консервативные химики.

Но это не все, в атомах мы находим многое другое: прежде всего мы в них находим электроны. Каждый атом в таком случае представляется нам в некотором роде Солнечной системой, где маленькие отрицательные электроны, играющие роль планет, движутся вокруг положительного электрона, играющего

роль центрального Солнца. Взаимное притяжение этих зарядов с противоположными знаками является связью системы, образующей из нее одно целое; именно она управляет периодами планет, а эти периоды определяют длину волны света, излучаемого атомом. Индукции конвекционных токов, вызванных движением этих электронов, атом, который из них образован, обязан своей видимой инерцией, которую мы называем его массой. Кроме этих связанных электронов, существуют и свободные электроны, такие, которые подчиняются тем же законам, что и газовые молекулы, и которые делают металлы проводниками. Последние сравнимы с кометами, которые движутся от одной звездной системы к другой и которые производят свободный обмен энергией между этими удаленными системами.

Но мы все еще не у предела; после электронов или атомов электричества пришел магнетон или атом магнетизма, который входит сейчас двумя различными путями: через изучение магнитных тел и через изучение спектров простых тел. Мне не нужно напоминать вам здесь превосходного сообщения Вейса и отношения соизмеримости, которую столь неожиданным образом выявили его опыты. Там также существуют численные соотношения, которые нельзя приписать случаю, и объяснение которых следует искать.

В то же время нужно объяснить столь странные законы распределения линий в спектре. Из работ Бальмера, Рунге, Кейзера, Ридберга следует, что эти линии распределяются в серии и в каждой серии подчиняются простым законам. Ближайшей мыслью является сопоставить эти законы с гармоническими. Так же, как дрожащая струна имеет бесконечное число степеней свободы, что позволяет ей дать бесконечное число звуков, частоты которых являются кратными основной частоты; так же, как звучащее тело сложной формы дает гармоники, законы которых аналогичны законам предыдущих, но, однако, менее простые; так же, как резонатор Герца способен на бесконечное число различных периодов, не может ли и атом по идентичным причинам дать бесконечное число различных излучений? Вы знаете, что эта столь простая мысль потерпела банкротство потому, что

по законам спектроскопии частота, а не ее квадрат, выражается так просто, потому что частота не становится бесконечной для гармоник бесконечно высокого порядка. Эта мысль должна быть изменена или отброшена. До сих пор она не поддавалась никаким ухищрениям и отказывалась согласоваться; это-то и заставило Рица ее отбросить. Он представляет себе колеблющийся атом образованным из вращающегося электрона и из множества магнетонов, расположенных один за другим. В таком случае уже не взаимное электростатическое притяжение электронов управляет длинами волн, а магнитное поле, создаваемое этими магнетонами.

Эту мысль принять несколько трудно, в ней есть, не знаю, что-то искусственное; но все-таки приходится ее принять хотя бы временно, потому что пока не найдено ничего другого, а искали хорошо.

Почему атомы водорода могут в спектре давать несколько линий? Это происходит не потому, что каждый из них мог бы давать все линии водородного спектра и что он действительно дает ту или другую линию в зависимости от начальных условий движения, а потому, что существуют атомы водорода нескольких сортов, которые различаются числом соответствующих им магнетонов, и потому, что каждый из этих сортов атомов дает различные линии. Спрашивается, могут ли эти атомы преобразовываться один в другой и как? Как может атом терять магнетоны (а это как будто происходит, когда переходят от одного аллотропического вида железа к другому)? Может ли магнетон выйти из атома, или же может ли часть магнетонов покинуть строй, чтобы расположиться неправильно?

Это расположение магнетонов друг за другом является существенной чертой гипотезы Рица; идеи Вейса, во всяком случае, должны сделать ее нам менее чуждой. Необходимо, чтобы магнетоны располагались если не друг за другом, то во всяком случае параллельно, так как они складываются арифметически или по крайней мере алгебраически, но не геометрически.

Что же такое магнетон? Является ли он чем-либо простым? Нет, если не желают отказываться от гипотезы элементарных токов Ампера; магнетон в таком

случае есть вихрь электронов, и вот наш атом все более и более усложняется.

Лучше всего позволяют нам понять сложность атома соображения Дебьерна в заключительной части его сообщения. Дело шло об объяснении закона радиоактивных преобразований. Это очень простой показательный закон, но если обратить внимание на его форму, то можно заметить, что это статистический закон, на нем видна печать случая. Здесь случай не есть следствие случайных встреч с другими атомами или другими внешними агентами. Причины преобразования лежат внутри самого преобразующегося атома; я имею в виду как случайную, так и основную причины. Внешние же обстоятельства, например температура, не оказывают влияния на коэффициент времени в показателе; этот коэффициент замечательно постоянен, и Кюри предлагает пользоваться им для абсолютного измерения времени.

Случай, управляющий этими преобразованиями, есть случай внутренний. Таким образом, атом радиоактивного вещества есть мир, и мир, подчиненный случаю. Но нужно помнить, что говорящий о случае говорит о больших числах; мир, образованный из малого количества элементов, будет подчиняться более или менее сложным законам, но эти законы не будут статистическими законами. Следовательно, атом должен быть сложным миром; верно то, что этот мир замкнутый (или по крайней мере почти замкнутый), он защищен от внешних возмущений, которые мы можем произвести. Так как существует внутренняя атомная статистика и, следовательно, термодинамика, то мы можем говорить о внутренней температуре атома. И что же! Она не имеет никакой тенденции прийти в равновесие с внешней температурой, как будто бы атом полностью закрыт абсолютно нетеплопроводной оболочкой. И именно потому, что он замкнут, потому, что его функции, ясно очерченные, охраняются строгими таможнями, атом и оказывается индивидуумом.

На первый взгляд эта сложность атома не представляет ничего поразительного для ума; казалось бы, что она не должна вызывать никакого смущения. Однако небольшое размышление не замедлит показать нам те трудности, которые мы обошли. Когда

мы считали атомы, мы считали степени свободы; мы неявно предположили, что каждый атом имеет их только три; это мы вывели из рассмотрения теплоемкостей. Но каждое новое усложнение должно вводить новую степень свободы, и тогда мы сильно отстаем в счете. Это затруднение не ускользнуло от создателей теории равномерного распределения энергии; их уже удивляло число линий в спектре, но, не находя никакого выхода, они взяли на себя смелость пойти дальше.

Естественным объяснением является представление атома как сложного мира, но мира замкнутого; внешние возмущения вовсе не отражаются на том, что происходит внутри атома, а то, что происходит внутри, вовсе не влияет на то, что происходит снаружи. Но это не будет вполне правильно, в таком случае мы навсегда игнорируем все то, что происходит внутри атома, и атом должен был бы нам представляться как простая материальная точка. Правильнее будет считать, что можно заглянуть внутрь атома, но только через маленькое окошко, что практически не существует обмена энергией между наружным и внутренним миром, а следовательно, и тенденции к равномерному распределению энергии между обоими мирами. Внутренняя температура, как я только что указывал, не стремится к равновесию с внешней температурой, поэтому-то теплоемкость является такой, какой бы она была, если бы этой внутренней сложности вовсе и не существовало. Представим себе сложное тело в виде полый сферы, стенки которой изнутри совершенно непроницаемы для тепла, и внутри нее массу разнообразных тел; наблюдаемая теплоемкость этого сложного тела будет теплоемкостью сферы, независимой от всех заключенных в нее тел.

Дверь, запирающая внутренний мир атома, однако, время от времени приотворяется; это происходит, когда, испуская частицу гелия, атом разрушается и спускается на один ранг в иерархии радиоактивности. Что же тогда происходит? Чем отличается это разложение от обычного химического разложения? Почему атом урана, образованный из гелия и других вещей, имеет больше прав на имя атома, чем, например, полумолекула циана, которая в столь многих отношениях похожа на простое тело, состоящее из

углерода и азота? Без сомнения потому, что атомная теплоемкость урана (я не знаю, измерена ли она) подчиняется закону Дюлонга и Пти и потому, что эта теплоемкость — именно теплоемкость простого атома; тогда она должна удваиваться в момент испускания гелия, когда первоначальный атом разбивается на два вторичных. Вследствие этого разложения атом приобретает новые степени свободы, способные действовать на внешний мир, и эти новые степени свободы выразятся в увеличении теплоемкости. Каково же будет следствие этой разницы между общей теплоемкостью составляющих и теплоемкостью соединения? Тепло, освобожденное при этом разложении, должно будет быстро изменяться с температурой, так что образование радиоактивных молекул, существенно эндотермическое при обычных температурах, становится экзотермическим при высоких температурах. Таким образом, до некоторой степени мы можем объяснить радиоактивные образования, которые все же остаются несколько таинственными.

Как бы то ни было, но это представление о маленьких замкнутых или только немного приоткрытых мирах недостаточно для полного решения вопроса. Необходимо, чтобы закон равномерного распределения энергии неограниченно царил вне этих замкнутых миров, за исключением тех случаев, когда одна из дверей приотворяется, но в действительности этого не происходит.

Теплоемкость твердых тел с понижением температуры быстро уменьшается. Дело происходит так, как если бы некоторые из их степеней свободы постепенно отмирали, так сказать, замерзали или, если вам больше нравится, как если бы они теряли всякое соприкосновение с внешним миром и в свою очередь прятались, уж я не знаю, за какую-то оболочку в неизвестный мне замкнутый мир.

С другой стороны, закон черного излучения не тот, которого ожидает теория равномерного распределения. Законом, который согласуется с этой теорией, является закон Рэлея, и этот закон, который несет в себе противоречие, так как он приводит к общему бесконечному излучению, совершенно противоречит опыту. В излучении черного тела света короткой длины волны во много раз меньше, чем этого

требует гипотеза равномерного распределения. Поэтому Планк и предложил свою теорию квантов, из которой следует, что обмен энергией между обыкновенной материей и теми маленькими резонаторами, колебания которых порождают свет раскаленных тел, не может происходить иначе, как внезапными скачками; любой из этих резонаторов не может приобретать или терять энергию непрерывно, он не может получить долю кванта, он должен получить или целый квант, или ничего.

Тогда почему теплоемкость твердого тела уменьшается при низкой температуре, почему некоторые степени свободы как будто не играют роли? Это происходит потому, что запас энергии, который им предоставлен при низкой температуре, недостаточен для того чтобы снабдить каждую из них квантом; некоторые из них будут иметь право только на часть его, но так как они хотят получить все или ничего, то они ничего и не получают и остаются как бы парализованными.

Точно так же в излучении некоторые резонаторы, которые не могут получить целый квант, не получают ничего и остаются неподвижными, так что излученного света гораздо меньше при низкой температуре, чем было бы без этого обстоятельства. А так как требуемый квант тем больше, чем меньше длина волны, но и резонаторы короткой длины волны затихают прежде всего, так что количество света короткой длины волны оказывается гораздо меньшим, чем того требует закон Рэлея.

Заявлять, что подобная теория вызывает много трудностей, было бы величайшей наивностью; когда высказывают столь смелую идею, конечно, ожидают встречи с трудностями, ибо прекрасно понимают, что ею переворачивают все воззрения прошлого, и уже не удивляются никакому препятствию, наоборот, будут удивляться, не находя их. Таким образом, эти затруднения не кажутся вескими возражениями. Я все-таки возьму на себя смелость отметить вам некоторые из них; я не стану выбирать самые большие и самые очевидные, которые представляются всякому уму, это и действительно не нужно, так как всякий понимает их сразу; я просто хочу рассказать вам те последовательные состояния духа, через которые я прошел.

Я спросил себя: в чем заключается ценность предложенных доказательств? Я увидел, что вычисляли вероятности различных распределений энергии, просто их перечисляя, потому что благодаря сделанной гипотезе число этих состояний конечное, но я неясно видел, почему их рассматривали как равновероятные. Затем вводили известные зависимости между температурой, энтропией и вероятностью; последние предполагают возможность термодинамического равновесия, так как эти зависимости доказаны в предположении возможности этого равновесия. Я прекрасно знаю, что это равновесие возможно, как показывает опыт, но меня это не удовлетворяло; необходимо было показать, что это равновесие совместимо со сделанной гипотезой и даже что оно является необходимым ее следствием. Я не имел ясно выраженных сомнений, но я чувствовал необходимость яснее разобраться, а для этого необходимо было несколько углубиться в детали механизма.

Чтобы могло существовать распределение энергии между резонаторами различной длины волны, колебания которых являются причиной излучения, необходимо, чтобы они могли обмениваться энергией; без этого первоначальное распределение будет существовать бесконечно, и так как это первоначальное распределение произвольно, то не может быть и речи ни о каком законе излучения. Резонатор не может передать эфиру и не может получить от него ничего, кроме света вполне определенной длины волны. Если бы, следовательно, резонаторы не могли механически, т. е. без посредства эфира, действовать один на другой, если бы, с другой стороны, они были закреплены и замкнуты в определенной оболочке, то каждый из них мог бы излучать или поглощать только свет определенного цвета. Он мог бы обмениваться энергией лишь с теми резонаторами, с которыми он находится в совершенном резонансе, и первоначальное распределение оставалось бы неизменным. Но мы можем представить себе два способа обмена, которые не вызовут такого возражения. С одной стороны, атомы и свободные электроны могут двигаться от одного резонатора к другому, ударять резонатор, сообщать ему и получать от него энергию. С другой стороны, свет, отражаясь от подвижных

зеркал, меняет свою длину волны согласно принципу Доплера — Физо.

Свободны ли мы в выборе этих двух механизмов? Нет. Очевидно, что как один, так и другой должны быть приняты во внимание, и необходимо, чтобы как один, так и другой приводили нас к одному и тому же закону излучения. Действительно, что бы произошло, если бы результаты были противоречивы, если бы, например, механизм ударов, действуя самостоятельно, стремился к созданию определенного закона излучения, например закона Планка, в то время как механизм Доплера—Физо стремился бы к другому? А вот что произошло бы: оба эти механизма, действуя одновременно, но попеременно перевешивая в зависимости от случайных обстоятельств, заставили бы мир постоянно колебаться от одного закона к другому; он бы уже не стремился к определенному конечному состоянию, к термической смерти, где бы он уже не знал больше изменений, второе начало термодинамики не было бы уже верным.

Таким образом, я решил последовательно исследовать оба процесса и начал с механического действия, с удара. Вы знаете, почему старые теории настойчиво приводят нас к закону равномерного распределения: это происходит потому, что они предполагают, что все уравнения механики выражаются в форме Гамильтона и, следовательно, что они предполагают единицу последним множителем в смысле Якоби. Приходится предположить, что законы столкновения свободного электрона с резонатором не заключаются в этой форме и что последний множитель уже не единица, а какой-то другой. Необходимо, чтобы они имели последний множитель, иначе второе начало термодинамики не будет верным, и мы встретим то же самое затруднение, что и выше, но не следует, чтобы этот множитель был равен единице.

Именно последний множитель и измеряет вероятность данного состояния системы (лучше сказать то, что можно было бы назвать плотностью вероятности). В гипотезе квантов этот множитель не может быть непрерывной функцией, так как вероятность состояния должна быть равна нулю всякий раз, как соответствующая ему энергия не является кратным кванта. В этом скрывается очевидное затруднение, но оно

принадлежит к таким, с которыми мы заранее примирились, и я на нем не остановился. Тогда я довел вычисление до конца и нашел закон Планка, полностью подтверждая тем самым взгляды немецкого физика.

Затем я перешел к механизму Доплера—Физо. Представим себе оболочку, образованную из тела насоса и поршня с идеально отражающими стенками. В этой оболочке заключено некоторое количество световой энергии с некоторым распределением длин волн, но не заключен источник света; световая энергия в ней заключена раз и навсегда.

Пока поршень остается неподвижным, распределение не может измениться, так как свет при отражении сохраняет свою длину волны; но при передвижении поршня распределение изменяется. Пока скорость поршня очень мала, процесс обратим, и энтропия должна оставаться постоянной. Таким образом, мы вновь производим анализ Вина и находим его закон, но мы не продвинулись дальше, так как этот закон общий и для старой, и для новой теорий. Когда же скорость поршня не слишком мала, процесс становится необратимым, так что термодинамический анализ уже приводит нас не к равенствам, а к простым неравенствам, из которых нельзя извлечь выводы.

Кажется, однако, что можно рассуждать следующим образом: положим, начальным распределением энергии будет распределение энергии черного тела; оно, очевидно, такое, которое соответствует максимуму энтропии. Если сообщить несколько толчков поршню, то первоначальное распределение должно сохраниться, иначе энтропия уменьшится; и даже при любом начальном распределении после очень большого числа движений поршня конечное распределение должно быть таким, которое дает максимальную энтропию, т. е. излучением черного тела. Такое рассуждение не представляет ценности.

Распределение стремится приблизиться к распределению черного излучения; оно не может отклониться от него, так же как тепло не может переходить от холодного тела к тепловому, т. е. это не может произойти без уравнивающего действия. В самом деле, здесь есть обратное действие: давая движение

поршню, производят работу, которая выражается в возрастании световой энергии, замкнутой в насосе, т. е. преобразуется в тепло.

Такого затруднения мы не встретим, если движущиеся тела, от которых происходит отражение света, будут бесконечно малы и бесконечны числом, так как тогда их живая сила уже не будет механической работой, а будет теплом; тогда уже невозможно будет компенсировать уменьшение энтропии, соответствующее изменению в распределении длин волн, преобразованием этой работы в тепло и тогда мы будем иметь право заключить, что если начальным распределением является распределение черного излучения, то это распределение и должно будет оставаться бесконечно.

Представим себе оболочку с отражающими неизменяемыми стенками; заключим в нее не только световую энергию, но и газ; тогда молекулы газа будут играть роль подвижных зеркал. Если распределение длин волн является соответствующим черному излучению при температуре газа, то это состояние должно быть устойчивым, т. е.:

- 1) действие света на молекулы не заставит их менять температуру;
- 2) действие молекул на свет не нарушит распределения.

Эйнштейн изучал действие света на молекулы; эти молекулы действительно подвергаются чему-то, напоминающему давление излучения. Эйнштейн, однако, не встал на эту простую точку зрения; он сравнил эти молекулы с малыми подвижными резонаторами, способными обладать сразу и живой силой движения, и энергией электрических колебаний. Результат во всех случаях был один и тот же, он нашел закон Рэлея.

Что касается меня, то я поступил наоборот, т. е. изучил влияние молекул на свет. Молекулы слишком малы, чтобы дать правильное отражение; они производят только рассеяние. Что представляет собой это рассеяние, когда не принимают во внимание движение молекул, мы знаем как на опыте, так и теоретически; оно дает голубой цвет неба. Это рассеяние не изменяет длины волны, но оно тем интенсивней, чем длина волны меньше.

Теперь необходимо перейти от действия молекулы в покое к действию движущейся молекулы, чтобы принять во внимание тепловое движение. Это просто, нам нужно только применить принцип относительности Лоренца; из него следует, что различные пучки одной и той же действительной длины волны, приходя к молекуле по различным направлениям, не будут иметь одинаковой длины волны с точки зрения наблюдателя, считающего молекулу покоящейся. Кажущаяся длина волны не изменится путем дифракции, но не так обстоит дело с действительной длиной волны.

Таким образом, мы приходим к интересному закону; световая энергия, отраженная или рассеянная, не равна падающей световой энергии; оказывается, что не энергия, а произведение энергии на длину волны остается неизменным. Сперва я был очень доволен. Действительно, из этого вытекало, что падающий квант дает рассеянный квант, так как квант обратно пропорционален длине волны. К несчастью, это ничего не дало.

Этот анализ привел меня к закону Рэлея; я это предвидел, но надеялся, что, видя, как я приду к закону Рэлея, я замечу более отчетливо, какие изменения необходимо сделать в гипотезах, чтобы получить закон Планка. Эта надежда не сбылась.

Моей первой мыслью было искать что-либо похожее на гипотезу квантов. Было бы действительно удивительно, чтобы два совершенно различных объяснения истолковывали одно и то же отклонение от закона равномерного распределения в зависимости от того механизма, который вызывал это отклонение. Как могла сказываться дискретная структура энергии? Можно было бы предположить, что эта дискретность принадлежит самой световой энергии, когда она движется в свободном эфире, что, следовательно, свет падает на молекулы не компактной массой, а отдельными небольшими порциями. Легко увидеть, что это не изменит результата.

Или же можно было бы предположить, что дискретность образуется в самый момент рассеяния, что рассеивающая молекула преобразует свет не непрерывно, а последовательными квантами; но это не подходит, потому что, если трансформируемый свет

должен был бы ожидать, как если бы имели дело с omnibusом, который дожидается пополнения, то в результате неизбежно получилось бы опоздание. Теория же лорда Рэлея учит, что рассеяние света молекулами, когда оно происходит без изменения направления падающего луча, производит просто обыкновенное преломление, т. е. что рассеянный свет правильно интерферирует с падающим, что было бы невозможно, если бы была потеря фазы.

Если мы беспристрастно будем искать то из наших допущений, которое следует отбросить, то мы все-таки окажемся в недоумении: не видно, как можно было бы отказаться от принципа относительности. Не нужно ли в таком случае изменить закон рассеяния покоящимися молекулами? Это также достаточно трудно, ведь не можем же мы фантазировать в такой мере, чтобы перестать верить в голубой цвет неба.

Я останусь в этом недоумении и закончу следующим соображением. По мере прогресса науки становится все труднее найти место новому факту, который не пристраивается естественным образом. Старые теории основываются на большом числе количественных совпадений, которые не могут быть приписаны случаю. Мы не можем расторгнуть того, что они соединили; мы больше не можем разбивать рамок, мы должны стараться их изогнуть, но они не всегда этому поддаются.

Теория равномерного распределения объясняла столько фактов, что должна содержать долю истины. С другой стороны, она верна не полностью, потому что она не объясняет всего. Ее нельзя ни отбросить, ни сохранить неизменной, а изменения, которые напрашиваются, столь странны, что не решаешься с ними примириться. При современном состоянии науки мы можем только отметить эти затруднения, а не разрешить.

Глава VII

НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ МАТЕРИИ

Поскольку настоящая лекция составляет часть цикла, предметом которого является материализм, то, может быть, некоторые из вас ждут, что же я