

Глава IX

БУДУЩЕЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Принципы и опыт. Что же остается нетронутым среди всех этих руин? Принцип наименьшего действия стоит нерушимо до сих пор, и Лармор, по-видимому, считает, что этот принцип надолго переживет все остальные; он действительно и самый неопределенный и самый общий.

Какую же позицию должна занять математическая физика при наличии этого всеобщего разгрома принципов? Прежде чем начинать волноваться, нам следует спросить себя, действительно ли все сказанное верно. Все нарушения принципов встречаются лишь в области бесконечно малого: чтобы видеть броуновское движение, нужен микроскоп: электроны чрезвычайно легки; радий очень редок, его никогда не бывает в нашем распоряжении больше нескольких миллиграммов сразу, а в таком случае можно спросить себя нет ли рядом с тем бесконечно малым, которое мы увидели, еще много бесконечно малого, которого не видим, и которое составляет противовес первому?

Возникший вопрос имеет такой характер, что его может разрешить один только опыт. Поэтому нам остается лишь обратиться к экспериментаторам и в ожидании, пока они окончательно разрешат спор, не слишком озабочиваться этими тревожными вопросами, а спокойно продолжать нашу работу, как если бы принципы были еще бесспорными. В самом деле нам еще много предстоит сделать в той области, где их можно применить с полной уверенностью; нам есть к чему приложить нашу деятельность в течение этого периода сомнений.

Роль аналитика. Однако верно ли, что мы ничего не можем сделать для освобождения науки от этих сомнений? Необходимо сказать, что они порождены не одной экспериментальной физикой; и математическая физика тоже внесла свой вклад. Экспериментаторы обнаружили, что радий выделяет энергию; зато теоретики раскрыли все трудности, которые связаны с описанием распространения света в движущихся средах, без них мы, вероятно, об этих трудностях не узнали бы. Но если они сделали все, чтобы поста-

вить нас в затруднительное положение, то надо, чтобы они же помогли нам и выйти из него.

Они должны подвергнуть критическому анализу все описанные мною новые взгляды; и надо, чтобы они отклоняли принципы не раньше, чем будут исчерпаны все средства для их спасения. Что же они могут сделать в этом смысле? Это я и попытаюсь объяснить¹⁾.

Среди наиболее интересных проблем математической физики особое место следует отвести проблемам, связанным с кинетической теорией газа. Многое уже сделано для их решения, но многое еще остается сделать. Эта теория — какой-то вечный парадокс. В посылках мы имеем обратимость, в результатах — необратимость, а между ними — пропасть. Достаточно ли статистических соображений, закона больших чисел, чтобы ее заполнить? Есть много темных мест, к которым надо вернуться и, вероятно, не один раз. Их разъяснение поможет лучше понять смысл принципа Карно и его место среди динамических законов, и тогда мы будем лучше вооружены для того, чтобы объяснить любопытный опыт Гуи, о котором я говорил выше.

Не должны ли мы прежде всего позаботиться о том, чтобы создать более удовлетворительную электродинамику движущихся тел? Выше я показал, что именно здесь накопилось особенно много трудностей; как ни нагромождай гипотезы, сразу невозможно удовлетворить всем принципам; до сих пор удавалось спасти некоторые из них не иначе, как жертвуя другими; но еще не вполне утрачена надежда на получение лучших результатов. Поэтому примем теорию Лоренца, всесторонне рассмотрим ее и будем понемногу видоизменять; быть может, постепенно все уладится.

Так, вместо того чтобы предполагать, что движущиеся тела испытывают сжатие в направлении движения и что это сжатие не зависит ни от природы тел, ни от других сил, действующих на них, нельзя ли было бы предложить другую гипотезу, более простую и более естественную? Можно было бы, например,

¹⁾ Следующий абзац из доклада в Сент-Луисе в книгу не вошел. Мы воспроизводим в тексте его перевод. — *Примеч. ред.*

допустить, что происходит изменение в состоянии эфира, когда он движется относительно погруженной в него материальной среды, и что это его изменение таково, что он уже более не передает возмущений с одной и той же скоростью по всем направлениям. Можно предположить, что возмущения, распространяющиеся параллельно движению тела (безразлично, в каком из этих противоположных направлений), передаются эфиром с большей скоростью, а распространяющиеся перпендикулярно — с меньшей. В таком случае волновые поверхности были бы не сферами, а эллипсоидами, и можно было бы обойтись без этого столь необычного сжатия всех тел.

Я указываю это лишь в качестве примера, ибо очевидно, что можно было бы испробовать бесконечное число вариантов.

Аберрация и астрономия. Возможно также, что астрономия предоставит нам со временем данные по этой проблеме: ведь в сущности именно она первая возбудила вопрос, познакомив нас с явлением аберрации света. Строя грубую теорию аберрации, мы приходим к весьма курьезному результату. Видимые положения звезд отличаются от их действительных положений вследствие движения Земли, и так как это движение меняется, то меняются и эти видимые положения. Действительного положения мы узнать не можем, но мы можем наблюдать изменения видимого положения. Поэтому наблюдения над аберрацией показывают нам не движение Земли, а изменения этого движения; следовательно, они не могут дать нам сведений об абсолютном движении Земли.

Это верно, по крайней мере в первом приближении; но если бы мы могли измерять углы с точностью до тысячных долей секунды, то это было бы уже неверно. Мы увидели бы тогда, что амплитуда колебаний зависит не только от изменений скорости, изменений, которые хорошо известны, поскольку они обусловлены движением нашей планеты по ее эллиптической орбите, но также и от среднего значения этого движения, так что константа аберрации уже не была бы совершенно одинаковой для всех звезд, и наблюдение различий дало бы нам возможность узнать абсолютное движение Земли в пространстве. Это означало бы падение принципа относительности,

реализуемое в несколько иной форме. Правда, мы далеко не в состоянии оценивать тысячные доли секунды; но со всем тем, как говорят некоторые, полная абсолютная скорость Земли может в конце концов значительно превышать ее скорость относительно Солнца; если бы она составляла, например, 300 километров в секунду вместо 30, то этого было бы достаточно для возможности наблюдать явление.

Я полагаю, что такие рассуждения основаны на принятии слишком упрощенной теории абберации. Как я уже упомянул, Майкельсон показал, что физические процессы не в состоянии обнаружить абсолютное движение; я убежден, что это верно и для астрономических методов, какова бы ни была степень точности.

Но как бы то ни было, данные, которые астрономия предоставит нам по этому вопросу, когда-нибудь будут иметь неопределимое значение для физика. Я полагаю, что теоретики могут ожидать отрицательный результат, имея в виду опыт Майкельсона; думаю, что они совершили бы полезное дело, создав теорию абберации, которая учитывала бы это заранее.

Электроны и спектры. Но вернемся на Землю. Здесь мы также могли бы помочь экспериментаторам. Мы можем, например, подготовить почву, тщательно исследуя динамику электронов, не придерживаясь при этом какой-то одной гипотезы, а, наоборот, увеличивая, насколько возможно, их число. Используя наши работы, физики могли бы тогда предложить решающий опыт, который позволил бы отдать предпочтение одной из них¹⁾.

К динамике электрона существуют разные подходы. Но в числе путей, ведущих к ней, есть один, который был в некотором пренебрежении, хотя он как раз из числа тех, которые обещают наибольшие неожиданности. Дело в том, что спектральные линии излучения порождаются движениями электронов, как это доказывает эффект Зеемана; то, что колеблется в раскаленном теле, испытывает действие магнита и, следовательно, наэлектризовано. Это очень важный исходный пункт; но пока далее его не пошли. Почему

¹⁾ Первый абзац этого раздела, опущенный в книге, взят из доклада в Сент-Лунсе. — *Примеч. ред.*

спектральные линии распределены соответственно точному закону? Экспериментаторы до мельчайших деталей изучили эти законы, они весьма точны и сравнительно просты. Первые исследования этих распределений включали идею о гармонических соотношениях, встречающихся в акустике; однако различие оказалось значительным; не только частоты не представляют собой последовательных кратных одного и того же числа, но мы даже не находим здесь ничего соответствующего корням тех трансцендентных уравнений, к которым нас приводят многие задачи математической физики, например задача о колебаниях упругого тела произвольной формы, задача о герцевских колебаниях в излучателе произвольной формы, задача Фурье об охлаждении твердого тела.

Законы спектральных линий более просты, но природа их совершенно иная; ограничусь лишь одним примером такого различия: для гармоник высшего порядка число колебаний стремится к конечному пределу вместо того, чтобы бесконечно возрастать.

Эти явления еще не объяснены, и я думаю, что здесь перед нами одна из наиболее важных тайн природы. Японский физик Нагаока предложил недавно свое объяснение: по его мнению, атомы состоят из большого положительного электрона, окруженного кольцом из весьма большого числа весьма малых отрицательных электронов. Такова планета Сатурн со своим кольцом. Это очень интересное, но еще не вполне удовлетворительное объяснение, его следовало бы развить. Мы проникаем, так сказать, в самые глубины вещества; с той частной позиции, которую мы занимаем сегодня, представляется, что когда мы узнаем, почему колебания раскаленных тел так отличаются от обычных упругих колебаний, почему электроны ведут себя иначе, чем обычное вещество, тогда мы лучше поймем динамику электронов и, может быть, нам будет легче согласовывать ее с принципами.

Условные положения перед лицом опыта. Теперь предположим, что все эти усилия потерпят неудачу (чего, учитывая все обстоятельства, я не допускаю); что должны мы делать тогда? Нужно ли будет попытаться исправлять поколебленные принципы при помощи какого-нибудь ухищрения? Это, очевидно, всегда возможно, и я не беру назад ничего из сказан-

ного раньше. Если бы вы захотели спорить со мной, вы могли бы сказать: «Не написано ли у вас, что принципы — несмотря на их опытное происхождение — в настоящее время лежат вне досягаемости опыта, потому что они стали условными соглашениями¹⁾. А теперь вы нам говорите, что последние достижения опыта подвергают эти принципы опасности. Так вот, я был прав раньше, но и теперь я не ошибаюсь. Я был прав раньше — и то, что происходит ныне, служит тому новым доказательством. Возьмем, например, калориметрический опыт, который произвел Кюри с радием. Можно ли согласовать его с принципом сохранения энергии? Этому пытались достигнуть многими способами, и на один из них я хотел бы обратить ваше внимание; это — не то объяснение, которое ныне одерживает верх, но все же одно из предложенных. В нем предполагается, что радий есть всего лишь посредник, что он только концентрирует излучения неизвестной природы, которые бороздят пространство по всем направлениям, проникая сквозь все тела, кроме радия, никак не воздействуя на них и не изменяя своей природы. Один только радий способен поглощать часть энергии этих излучений и затем в различных формах отдавать ее нам.

Какое удачное объяснение, и как оно удобно! Во-первых, его нельзя проверить, а следовательно, и опровергнуть. Во-вторых, оно может служить для объяснения каких угодно нарушений принципа Майера: оно заранее дает ответ не только на возражение Кюри, но и на любые другие возражения, какие могут быть представлены экспериментаторами в будущем. Эта новая неизвестная энергия могла бы служить для всевозможных целей.

Это как раз то, о чем я говорил в свое время; и это доказывает, что наш принцип вне досягаемости опыта. Но в конце концов что же приобрели мы с помощью такой уловки? Принцип сохранен, но чему он может служить с этих пор? Раньше он позволял нам предвидеть, что в таких-то обстоятельствах мы можем рассчитывать на такое-то полное количество энергии; он нас ограничивал; но теперь после того, как

¹⁾ См., например, Наука и гипотеза. Общие выводы из III части (с. 112—115). — *Примеч. ред.*

в наше распоряжение предоставлен неопределенный запас новой энергии, мы уже не ограничены ничем. А если, как я писал в «*Науке и гипотезе*», какой-нибудь принцип перестает быть плодотворным, то опыт, не противореча ему непосредственно, тем не менее осудит его.

Будущая математическая физика. Поэтому надо было бы поступать не так; мы должны были бы перестраивать все сызнова. Впрочем, если бы такая необходимость и возникла, то мы могли бы найти себе утешение. Отсюда еще не следовало бы заключать, что научный труд — труд Пенелопы, что наука способна лишь к эфемерным построениям, которые ей вскоре же приходится разрушать собственными руками до самого основания.

Как я говорил, мы однажды уже прошли через подобный кризис. Я указывал, что в математической физике второго периода — физике принципов — встречаются следы предшествующей физики, физики центральных сил. То же самое будет иметь место, если нам придется познакомиться с физикой третьего периода. Так, линяющее животное разрывает свой слишком тесный панцирь и заменяет его новым, но и под новой оболочкой легко узнать существенные черты прежнего организма.

Мы не в состоянии предвидеть, в каком направлении пойдет дальнейшее развитие. Быть может, кинетическая теория газов расширится и послужит образцом для других теорий. В таком случае факты, вначале казавшиеся нам простыми, были бы уже только результатом суммирования огромного числа элементарных фактов, которые, управляясь единственно законами случая, стремились бы к одной и той же цели. Тогда физический закон получил бы совершенно новый вид: он не был бы уже только дифференциальным уравнением, но приобрел бы характер статистического закона. Возможно также, что придется создать совершенно новую механику, которую мы сейчас лишь смутно предугадываем. В этой механике инерция возрастала бы вместе со скоростью, и скорость света являлась бы непреодолимым пределом. Обычная, более простая, механика сохранила бы значение первого приближения, так как она была бы верна для не очень больших скоростей: таким обра-

зом, старая динамика еще содержалась бы в новой. Мы не имели бы причин жалеть о том, что верили принципам: в практической области было бы даже самым верным продолжать действовать так, как если бы мы сохранили эту веру, ибо скорости, чересчур большие и не допускающие применения старых формул, встречались бы всегда лишь в качестве исключения. Эти принципы столь полезны, что за ними надо было бы сохранить их место. Желать полного их исключения значило бы лишиться себя ценного оружия. В заключение я хотел бы сказать, что мы еще не дошли до этого; еще ничто не доказывает, что они не выйдут из борьбы победоносными и неизменными.