

В итоге трудно поверить, в какой степени вера в астрологию оказалась полезной для человечества. Ежели Кеплер и Тихо Браге могли существовать, то это благодаря тому, что они продавали наивным королям предсказания, основанные на сочетаниях звезд. Если бы эти владетели не были столь легковверны, то мы, быть может, продолжали бы думать, что природа подчинена произволу, и до сих пор коснели бы в невежестве.

## Глава VII

### ИСТОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ <sup>1)</sup>

**Прошедшее и будущее физики.** Каково современное состояние математической физики? В чем состоят проблемы, к постановке которых она пришла? Каково ее будущее? Стоит ли ее развитие у поворотной точки? Предстанут ли десять лет спустя цель и методы этой науки пред нашими ближайшими преемниками в том же освещении, как перед нами, или, напротив, нам придется быть свидетелями коренного преобразования? Таковы те вопросы, которые мы вынуждены задать, приступая сегодня к нашему исследованию.

Если поставить их легко, то ответить на них трудно. Если бы мы почувствовали искушение вступить на рискованный путь предсказаний, то этому искушению легко было бы оказать противодействие, вспомнив все те нелепости, какие произносились сто лет тому назад самыми выдающимися учеными в ответ на вопрос: чем будет наука в XIX веке. Они считали свои предсказания смелыми; но какими робкими находим мы их теперь, после того как события произошли! Поэтому не ждите от меня пророчеств.

Но если я, подобно благоразумному врачу, отказываюсь делать прогноз, то все же не могу освободить себя от краткого диагноза: да, в самом деле имеются признаки серьезного кризиса, и нам как будто следует ждать близких перемен. Однако не

---

<sup>1)</sup> Главы VII, VIII и IX представляют собой перепечатку известного доклада автора *L'état actuel et l'avenir de la Physique mathématique* на Конгрессе искусств и науки в Сент-Луисе в сентябре 1904 г. — *Примеч. ред.*

будем чересчур беспокоиться. Мы уверены, что больная не умрет; мы можем даже надеяться, что этот кризис будет благотворным, ибо история прошлого, по-видимому, дает в этом гарантию. Действительно, такой кризис происходит не в первый раз, и чтобы его понять, надобно вспомнить предыдущие. Поэтому простите, если я сделаю несколько кратких исторических замечаний.

**Физика центральных сил.** Как мы знаем, математическая физика родилась из небесной механики: эта последняя породила ее в конце XVIII века, в ту пору, когда сама она только что достигла полного развития. В течение первых лет дитя поразительно походило на мать.

Вселенная, изучаемая астрономами, состоит из масс, несомненно очень огромных, но разделенных столь необъятными расстояниями, что нам они представляются просто материальными точками; эти точки притягивают друг друга с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния, и это притяжение есть единственная сила, влияющая на их движения. Но если бы наши чувства были достаточно утончены, чтобы показать нам все детали строения тел, изучаемых физиками, то картина, которая открывалась бы нам, едва ли отличалась бы от той, которую наблюдает астроном. И здесь мы увидели бы материальные точки, отделенные друг от друга расстояниями, огромными сравнительно с их размерами, и описывающие орбиты согласно определенным законам. Эти бесконечно малые звезды не что иное, как атомы. Как настоящие звезды, они притягиваются или отталкиваются между собой, и это притяжение или отталкивание, направленное по прямой, их соединяющей, зависит только от расстояния. Закон, согласно которому эта сила меняется в зависимости от расстояния, быть может, не есть закон Ньютона, но он аналогичен ему; вместо показателя степени 2 мы имеем здесь, вероятно, другой показатель, и именно от этой перемены показателя происходит все разнообразие физических явлений, многообразие качеств и ощущений, весь мир, окружающий нас, мир красок и звуков, словом — вся природа.

Такова первоначальная концепция во всей ее чистоте. Остается лишь искать в различных случаях,

какое значение следует приписать показателю степени, чтобы описать все наблюдаемые факты.

По этому образцу, например, Лаплас построил свою изящную теорию капиллярности; он рассматривает капиллярность просто как частный случай действия сил притяжения или, как он говорит, всемирного тяготения, и никто не изумляется, находя ее в середине одного из пяти томов небесной механики. Позднее Брио полагал, что он проник в последнюю тайну оптики, доказывая, что атомы эфира притягиваются обратно пропорционально 6-й степени расстояния; и даже сам Максвелл в одном месте говорит, что атомы газов отталкиваются обратно пропорционально 5-й степени расстояния. Мы имеем показатель 6 или 5 вместо 2, но, во всяком случае, показатель налицо.

Между теориями этой эпохи только одна представляет исключение — теория Фурье, относящаяся к распространению тепла; здесь есть, конечно, атомы, взаимодействующие на расстоянии; они передают друг другу тепло, но они не притягиваются, они не двигаются с места. С этой точки зрения теория Фурье должна была представляться его современникам и даже ему самому несовершенной и предварительной.

Изложенная концепция не лишена величия; она была привлекательной, и многие из наших современников не отказались от нее окончательно; они знают, что последних элементов вещей нельзя достигнуть иначе, как терпеливым распутыванием сложного узла, который дают нам наши чувства, что идти вперед нужно шаг за шагом, не пропуская ни одной промежуточной ступени, что наши предшественники заблуждались, думая достигнуть цели одним переходом; однако они верят, что когда мы придем к этим последним элементам, мы опять найдем здесь величественную простоту небесной механики.

Эта концепция отнюдь не была бесполезна; она оказала нам неоценимую услугу, так как помогла получить точную формулировку одного из фундаментальных понятий — понятия физического закона. Поясню мою мысль. Как понимали закон древние? Для них это была внутренняя гармония, так сказать, — статическая и неизменная; или же это была как бы модель, которой природа стремится подражать. Для

нас же закон — нечто совсем иное: это — постоянное соотношение между тем, что происходит сегодня, и тем, что будет завтра; словом, это есть дифференциальное уравнение.

Такова идеальная форма физического закона; и впервые в нее был облачен закон Ньютона. Если впоследствии эта форма прочно обосновалась в физике, то это произошло благодаря возможно более точному копированию ньютонова закона, т. е. благодаря подражанию небесной механике. В этом и состоит мысль, которую я старался провести в шестой главе.

**Физика принципов.** Однако настал день, когда концепция центральных сил оказалась уже недостаточной, и это был первый из кризисов, упомянутых мною.

Как тогда поступили? Отказались от попыток проникнуть в детали строения Вселенной, от изоляции составных частей этого огромного механизма, от анализа каждой отдельной силы, действующей на эти части, и удовлетворились тем, что взяли в качестве руководства некоторые общие принципы, значение которых как раз состоит в том, что они освобождают нас от этих кропотливых исследований. Как же это возможно? Пусть перед нами какая-то машина; нам видны лишь ее первое и последнее колесо, а все передачи, все промежуточные колеса, передающие движение от одного колеса к другому, скрыты внутри и ускользают от нашего взгляда; мы не знаем, производится ли передача при помощи зубчатых колес или ремней, при помощи шатунов или еще как-нибудь иначе. Разве мы скажем, что мы не в состоянии ничего понять в этой машине до тех пор, пока нам не позволят ее разобрать? Конечно, нет, ведь принцип сохранения энергии дает нам возможность решить самый интересный вопрос: мы легко устанавливаем, что выходное колесо вращается в десять раз медленнее входного, поскольку оба эти колеса нам видны; отсюда мы можем заключить, что пара сил, действующая на первое, будет уравновешивать в десять раз ббльшую пару, приложенную ко второму. Для этого нет никакой нужды проникать в механизм такого равновесия и узнавать, каким образом силы будут уравновешиваться внутри машины; достаточно

знать, что это уравнивание не может не произойти.

Ту же самую услугу может оказать нам принцип сохранения энергии по отношению к Вселенной. Это — тоже машина; она гораздо сложнее всех машин, применяемых в технике, и почти все ее составные части глубоко скрыты от нас; но наблюдая движение тех, которые для нас видимы, мы можем при помощи этого принципа сделать выводы, которые остаются справедливыми, каковы бы ни были детали невидимого механизма, приводящего их в движение.

*Принцип сохранения энергии* (или принцип Майера) есть, без сомнения, самый важный, но не единственный. Имеются другие, из которых мы можем извлечь ту же пользу. Это именно:

принцип Карно, или *принцип рассеяния энергии*<sup>1)</sup>;

принцип Ньютона, или *принцип равенства действия и противодействия*;

*принцип относительности*, согласно которому законы физических явлений должны оставаться теми же как для неподвижного наблюдателя, так и для наблюдателя, увлекаемого равномерным поступательным движением, так что мы не имеем и не можем иметь никакого средства различить, находимся ли мы в таком движении или нет;

*принцип сохранения массы*, или принцип Лавуазье.

Я добавил бы еще *принцип наименьшего действия*.

Приложение этих пяти или шести общих принципов к различным физическим явлениям является достаточным средством узнать то, на познание чего мы можем разумно рассчитывать. Наиболее замечательный пример этой новой математической физики есть, несомненно, электромагнитная теория света, созданная Максвеллом. Что такое эфир, как расположены его молекулы, притягиваются они или отталкиваются? Мы об этом ничего не знаем; но мы знаем, что эта среда одновременно передает как световые возмущения, так и возмущения электрические; мы знаем, что эта передача должна совершаться в соответствии с общими принципами механики, и этого оказывается

---

<sup>1)</sup> В подлиннике, de la dégradation de l'énergie. — *Примеч. ред.*

достаточно, чтобы вывести уравнения электромагнитного поля.

Эти принципы суть результат опытов, обобщенных в сильной степени; но, по-видимому, сама их общность придает им высокую степень достоверности. Действительно, чем они более общи, тем чаще представляется случай проверять и контролировать их, и результаты проверок, накапливаясь, принимая самые разнообразные, самые неожиданные формы, в конце концов уже не оставляют места сомнению.

**Полезность старой физики.** Таков второй период истории математической физики, и мы еще не вышли за его пределы. Скажем ли мы, что первый период был бесполезен, что в течение пятидесяти лет наука шла неправильным путем и что нам остается лишь забыть все огромные усилия, заведомо обреченные на неудачу вместе с ошибочной концепцией? Ни в коем случае. Неужели вы думаете, что второй период мог бы наступить, минуя первый? Гипотеза центральных сил содержала в себе все принципы; она заключала их в себе в качестве необходимых следствий; из нее вытекали и принцип сохранения энергии, и принцип сохранения масс, и равенство действия и противодействия, и принцип наименьшего действия. Правда, эти положения выступали не как экспериментальные истины, а как теоремы, и формулировка их была одновременно более точной и менее общей, чем современная.

И именно математическая физика наших отцов мало-помалу сроднила нас с этими различными принципами, приучила узнавать их под разнообразными одеяниями, в которые они маскируются. Эти принципы были сопоставлены с опытными данными; было выяснено, какие видоизменения их формы необходимы для того, чтобы привести их в соответствии с этими данными; это расширило и укрепило их содержание. Таким образом, появился взгляд на них как на экспериментальные истины; концепция центральных сил стала тогда бесполезной и даже стесняющей, так как свойственный ей гипотетический характер передался и принципам.

Таким образом, основа научных идей благодаря своей гибкости не подверглась ломке, но

расширилась; наши отцы, устанавливая ее, трудились не напрасно; общий характер намеченного ими плана мы узнаем в науке нашего времени.

## Глава VIII

### СОВРЕМЕННЫЙ КРИЗИС МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**Новый кризис.** Предстоит ли нам теперь вступить в третий период? Должны ли мы ожидать второго кризиса? Будут ли принципы, на которых мы построили все, в свою очередь разрушаться? С некоторого времени мы имеем основание ставить такие вопросы.

Мои слова, несомненно, вызывают у вас мысль о радиі, этом великом революционере нашего времени, и, действительно, я вскоре к нему обращусь; но этого мало: дело идет не только о сохранении энергии; опасности подвергаются и все другие принципы, как это мы сейчас увидим при последовательном обозрении их.

**Принцип Карно.** Начнем с принципа Карно. Это — единственный принцип, который не следует непосредственно из гипотезы центральных сил; более того, по-видимому, он если и не противоречит прямо этой гипотезе, то по крайней мере может быть согласован с ней лишь путем определенных усилий. Если бы физические явления обуславливались исключительно движениями атомов, взаимные притяжения которых зависели бы только от расстояния, то, кажется, все эти явления должны быть обратимыми; если бы все начальные скорости были заменены прямо противоположными, то атомы, находясь под действием все тех же сил, должны были бы описывать свои траектории в обратном направлении точно так же, как Земля стала бы описывать в обратном направлении ту же самую эллиптическую орбиту, какую она описывает в прямом направлении, если бы начальные условия ее движения были заменены противоположными. В силу этого, если некоторое физическое явление оказывается возможным, то должно быть возможным и обратное ему, и должна существовать возможность обратить вспять течение времени. Однако в природе дело обстоит не так, и этому как раз учит нас принцип Карно: тепло может перейти от теплого