

требность видеть, — а мы можем видеть только протяженное, которое есть бесконечное.

Если эта борьба и не должна привести к окончательной победе одной из борющихся сторон, то это вовсе не означает, что она бесплодна, ибо при каждом новом сражении перемещается само поле сражения и в результате каждый раз совершается шаг вперед — завоевание, достигающееся не одному из противников, а всему человечеству.

Глава VIII

НОВАЯ МЕХАНИКА

Я должен извиниться за то, что вынужден сегодня говорить по-французски. Хотя на предыдущих моих лекциях я объяснялся по-немецки, но объяснялся слишком плохо: говорить на чужом языке так же трудно, как хромоте ходить; нужны костыли. До сих пор моими костылями были математические формулы, и вы не можете себе представить, какая это поддержка для оратора, который встречает затруднения в выражении своих мыслей. Сегодня я не хочу пользоваться формулами, я остаюсь без костылей и поэтому должен говорить по-французски.

Всем известно, что в этом мире нет ничего окончательно установленного, неизменного. Самые великие, самые могущественные государства не вечны; это — излюбленная тема пророков. Научные теории, так же как и государства, не могут быть уверены в завтрашнем дне. Вряд ли вы найдете другую теорию, которая казалась бы менее подверженной разрушительной силе времени, чем механика Ньютона; она представлялась непоколебимым монументом. И вот в настоящее время, если нельзя еще сказать, что монумент повержен на землю — это было бы преждевременно, — то во всяком случае он сильно пострадал под ударами великих разрушителей. Один из них, Макс Абрагам, находится среди вас, другой — голландский физик Лоренц. Я хотел бы сказать вам несколько слов о развалинах старого здания и о новой постройке, которую хотят воздвигнуть на его месте.

Прежде всего можно задать вопрос: что характеризует старую механику? Старую механику характеризует следующий простой факт: я беру тело, нахо-

дящееся в покое, и сообщаю ему импульс, другими словами, прилагаю к нему в течение определенного промежутка времени определенную силу. Тело приходит в движение и приобретает некоторую скорость; когда эта скорость достигнута, прилагаем снова ту же силу в течение такого же времени — скорость удвоится; если мы будем повторять это, то скорость утроится после того, как мы сообщим телу такой же импульс в третий раз. Если мы будем производить подобное действие достаточно большое число раз, то тело в конце концов приобретет весьма большую скорость, которая может превзойти всякий предел, тело может получить бесконечную скорость.

В новой механике, наоборот, предполагают, что телу, выведенному из равновесия, невозможно сообщить скорость, превосходящую скорость света. Что же при этом происходит? Я буду рассматривать то же самое тело, находящееся в покое, и сообщу ему первый импульс той же величины, что и в предыдущем случае; тело получит ту же скорость. Сообщим второй раз ему тот же импульс, скорость еще увеличится, но не удвоится; третий импульс произведет подобное же действие; скорость будет увеличиваться, но все менее и менее, тело оказывает все большее и большее сопротивление. Это сопротивление изменению движения, или инерцию, обычно называют массой тела. Таким образом, в новой механике все происходит так, как будто масса тела не остается постоянной, а возрастает вместе со скоростью.

Мы можем представить графически описанные явления: в старой механике тело получает после первого импульса скорость, изображенную отрезком Ov_1 ; после второго импульса скорость Ov_1 увеличивается на отрезок, который равен первому отрезку, и при каждом последующем импульсе скорость возрастает в одинаковой степени, и отрезок, представляющий ее увеличение, имеет постоянную длину. В новой механике первый отрезок, изображающий скорость, увеличивается на отрезки $v'_1v'_2$, $v'_2v'_3$, которые становятся все меньше и меньше, но таким образом, что сумма не может превзойти некоторой предельной скорости, а именно, скорости света.

Как же пришли к подобным заключениям? Делались ли прямые опыты? Разногласие между обеими

теориями может обнаружиться лишь при наблюдении тел, движущихся с весьма большой скоростью; только в этом случае указанные выше различия могут быть заметными. Но что нужно считать большой скоростью? Можно ли считать, что большой скоростью обладает автомобиль, делающий 100 километров в час? Если автомобиль мчится с такой скоростью по улице, этим можно восхищаться, но с нашей точки зрения эта скорость все же мала, это скорость улитки. Значительно большие скорости мы найдем в астрономии: Меркурий, самая быстрая из планет, пробегает по орбите около 100 километров, но не в час, а в секунду. Тем не менее и эта скорость недостаточно велика, чтобы обнаружить те различия, которые мы хотим наблюдать. Я уж не говорю о пушечных снарядах — они летят быстрее автомобиля, но гораздо медленнее Меркурия. Однако вы знаете, что недавно был обнаружен род артиллерии, ядра которой имеют скорость, значительно большую, чем указанные выше скорости. Я имею в виду радиий, который посылает во все стороны энергию, посылает снаряды. Быстрота полета этих снарядов несравненно большая, начальная скорость их около 100 000 километров в секунду, т. е. она равна трети скорости света. Правда, калибр этих снарядов и их вес весьма незначительны, и мы не можем рассчитывать на эту артиллерию, если желаем увеличить боевую мощь наших армий.

Возникает вопрос: можно ли экспериментировать с этими ядрами? Были сделаны попытки осуществить подобные опыты; под влиянием электрического поля и магнитного поля происходит отклонение вылетающей из радия частицы, и это отклонение позволяет установить существование инерции и измерить ее. Таким способом можно было обнаружить, что масса зависит от скорости, и установить указанный выше закон механики: инерция тела возрастает со скоростью его движения, которая остается всегда меньшей скорости света, равной 300 000 километров в секунду.

Теперь я перехожу ко второму принципу — принципу относительности. Предположим, что какой-нибудь наблюдатель перемещается с постоянной скоростью вправо; в его глазах все происходит так, как будто бы он остается в покое, а окружающие его

предметы перемещаются влево. Нет никакой возможности узнать, перемещаются ли на самом деле предметы, а наблюдатель является неподвижным, или же движется сам наблюдатель. Об этом говорится во всех курсах механики; в них всегда приводится пример путешественника, находящегося на пароходе, движущемся прямолинейно и равномерно; ему кажется, что берега реки проносятся перед ним, а корабль его неподвижен.

При более глубоком исследовании этот простой факт приобретает огромное значение: нет никакого средства для решения вопроса об абсолютном движении, нет ни одного опыта, который мог бы опровергнуть принцип, утверждающий, что нет абсолютного пространства и что мы можем наблюдать только относительные перемещения. Эти соображения хорошо известны философам, я уже имел случай однажды их высказать и даже приобрел этим известность, от которой охотно отказался бы. Все реакционные французские газеты приписывали мне, будто я доказываю, что Солнце вращается вокруг Земли; в знаменитом процессе Галилея с инквизицией вся вина оказывалась, таким образом, на стороне Галилея.

Вернемся к старой механике; она допускает принцип относительности, ее законы, вместо того чтобы быть основанными на опытах, могли быть выведены непосредственно из этого основного принципа. Этих принципов было достаточно для объяснения чисто механических явлений, но в применении к некоторым важным разделам физики, например к оптике, они уже отказывались служить. Как абсолютную можно рассматривать в оптике скорость света относительно эфира. Эту скорость можно было измерить и, следовательно, теоретически существовала возможность сравнить движение всякого тела с абсолютным движением, т. е. существовала возможность установить, находится ли тело в абсолютном движении или нет.

Такие опыты с чрезвычайно точными приборами, которые я не стану описывать вам, были совершены с целью осуществить на практике подобное сравнение; результат был нуль. Принцип относительности в новой механике не допускает никаких ограничений;

он имеет, если можно так выразиться, абсолютное значение.

Чтобы понять роль, которую играет принцип относительности в новой механике, мы прежде всего должны сказать несколько слов о местном, относительном времени, весьма остроумно введенном физиком Лоренцем. Представим себе двух наблюдателей: один А находится в Париже, другой В — в Берлине. А и В имеют одинаковые хронометры и хотят их сравнить; но наши наблюдатели необычайно педантичны, они требуют чрезвычайной точности. Они хотят, например, чтобы показания их хронометров не могли отличаться более чем на одну миллиардную долю секунды. Как они могут это сделать? Наблюдатель А посылает из Парижа в Берлин сигнал, и, если хотите быть вполне современными, он посылает сигнал по беспроводному телеграфу. Наблюдатель В отмечает момент получения сигнала, и этот момент будет для обоих хронометров началом времени. Но сигналу нужно некоторое время, чтобы дойти от Парижа до Берлина; он распространяется со скоростью света; часы В будут отставать, но В — достаточно образованный человек, чтобы не считаться с этим, и он тотчас исправляет эту неточность. Дело на первый взгляд весьма просто: достаточно, чтобы А в свою очередь получил сигнал от В; взяв среднее арифметическое из двух данных, оба наблюдателя установят вполне точное соответствие между своими часами. Но так ли это? Мы предполагаем, что от А к В сигнал идет столько же времени, сколько и обратно. А между тем Земля уносит обоих наблюдателей в своем движении по отношению к эфиру, по которому распространяются электрические волны. Послав свой сигнал, А несется за ним, а В от него удаляется; время, необходимое для передачи сигнала, в данном случае будет больше, чем если бы наблюдатели находились в покое. Наоборот, от В к А сигнал передается быстрее, так как А движется ему навстречу. Таким образом, нет никакой возможности установить, показывают ли оба хронометра одно и то же время или нет. Какой бы метод ни применяли, затруднения остаются теми же самыми; астрономические наблюдения, как и любой оптический метод, встречают те же трудности; наблюдатель может знать только ка-

жущуюся разность своего времени и времени другого наблюдателя, так сказать, местное время. Принцип относительности остается в полной силе.

Однако в старой механике из этого принципа выводили все новые законы. Можно ли в настоящее время воспроизвести классические доказательства и рассуждать следующим образом? Положим, что перед нами два наблюдателя, которым мы по-прежнему, согласно принятому в математике обыкновению, дадим имена А и В; допустим, что они движутся, удаляясь друг от друга; ни один из них не может обладать скоростью, большей скорости света; пусть А имеет скорость 200 000 километров в секунду, направленную вправо, а В — столько же влево. А может считать себя находящимся в покое, но тогда он должен приписать В скорость 400 000 километров в секунду. Если А знает новую механику, он скажет себе: В имеет по отношению ко мне скорость, которой он на самом деле не может достигнуть, следовательно, не только В движется, но и я нахожусь в движении. Может показаться, что у А есть данные для выяснения своего абсолютного движения. Но для этого ему необходимо наблюдать движение В.

Чтобы сделать это наблюдение, А и В прежде всего устанавливают свои хронометры, затем В посылает А телеграммы, чтобы сообщить ему о своих последовательных местонахождениях. Сопоставляя их, А может получить представление о движении В и может начертить кривую его движения. Но сигналы передаются со скоростью света; часы, которые показывают кажущееся время, постоянно изменяют свой ход, и все происходит так, как если бы часы В шли медленнее. В будет казаться, что он движется гораздо медленнее, и кажущаяся скорость, которую он будет иметь по отношению к А, не превзойдет предела, которого не может достичь скорость движения тела. Ничто не может открыть наблюдателю, находится ли он в движении или в абсолютном покое.

Необходимо далее сделать третью гипотезу, еще более поразительную и трудно допустимую, так как она плохо увязывается с нашими обычными представлениями. Все тела во время движения изменяют свою форму, сжимаясь в направлении движения: шар, например, превращается в тело, похожее на

приплюснутый эллипсоид, малая ось которого параллельна движению. Мы не замечаем этих превращений на каждом шагу вследствие их малости. Земля в своем движении по орбите деформируется приблизительно на величину $1/200\,000\,000$ своего радиуса. Чтобы наблюдать подобное явление, следовало бы иметь измерительные приборы чрезвычайной точности, но в нашем случае, если бы даже наблюдатель имел приборы бесконечной точности, он не получил бы существенных результатов, так как вследствие того же движения они испытывали бы то же самое изменение. Ничего нельзя было бы заметить; метр, который был бы использован для измерения, сделался бы более коротким в том же отношении, что и измеряемая длина. Можно узнать что-либо определенное об изменении формы тел, лишь сравнивая длину этих тел со скоростью света. В этом и состоят тонкие опыты, осуществленные Майкельсоном, на подробном описании которых я не буду останавливаться. Они привели к высшей степени замечательным результатам; как бы это ни казалось нам странным, но следует согласиться, что третья гипотеза вполне подтвердилась.

Таковы основы новой механики. Мы видим, что при допущении вышеприведенных гипотез она находится в полном согласии с принципом относительности. Но ее нужно еще связать с новейшими воззрениями на вещество.

Для современного физика атом уже не представляется простым элементом; он стал настоящим мирком, в котором ряд планет вращается вокруг мельчайшего центрального светила. Солнце и планеты здесь представляют собой положительно и отрицательно заряженные частицы. Физик называет их электронами и строит из них весь мир. Некоторые представляют себе нейтральный атом как центральную положительную массу, вокруг которой вращается большое число отрицательно заряженных электронов, общий электрический заряд которых равен по величине заряду центрального ядра. Это представление о материи позволяет легко объяснить увеличение массы тела со скоростью, которое мы отметили как одно из основных положений новой механики.

Так как любое тело представляет собой совокупность электронов, нам достаточно доказать изменение массы только для этих последних. Известно, что движение отдельного электрона в эфире создает электрический ток, т. е. электромагнитное поле. Этому полю соответствует некоторое количество энергии, находящееся не в электроне, а в эфире. Изменение величины или направления скорости электрона сопровождается изменением электромагнитной энергии эфира. В то время как в ньютоновской механике количество энергии движущегося тела зависит от инерции тела, находящегося в движении, здесь энергия зависит от того, что называют инерцией эфира по отношению к электромагнитным силам. Инерция эфира возрастает вместе со скоростью и становится бесконечно большой, когда скорость электрона приближается к скорости света. Таким образом, кажущаяся масса электрона возрастает вместе со скоростью; опыты Кауфмана показывают, что действительная масса электрона так ничтожна по сравнению с его кажущейся массой, что ее можно считать равной нулю.

При этом новом представлении постоянной массы материи не существует. Инерцией обладает не материя, а эфир; он один оказывает сопротивление движению, так что можно было бы сказать: нет материи, есть только дыры в эфире. Для стационарных и квазистационарных движений новая механика с той степенью точности, которую допускают наши измерения, не отличается от ньютоновской механики; различие только в том, что масса зависит от скорости и от угла между скоростью и направлением ускоряющей силы. Наоборот, значительные изменения скоростей, например, в случае быстрых колебаний вызывают возникновение волн Герца, которые поглощают часть энергии электрона, замедляя этим его движение. Таким образом, в беспроводном телеграфе испускаемые волны обязаны своим происхождением колебаниям электронов при колебательном разряде.

Подобные же колебания имеют место в пламени, а также в раскаленном твердом теле. По теории Лоренца внутри раскаленного тела движется огромное число электронов, которые, не имея возможности вый-

ти из него, летят во всех направлениях и отражаются от его поверхности. Их можно сравнить с множеством мошек, заключенных в сосуде, которые бьются крыльями о стенки своей тюрьмы. Чем выше температура, тем быстрее делается движение электронов и тем чаще их взаимные столкновения и отражения от поверхности. При каждом соударении и при каждом отражении испускается электромагнитная волна, и восприятие этих волн делает видимым для нас лучеиспускающее тело.

Движение электронов становится почти осязаемым в трубке Крукса; в ней происходит настоящая бомбардировка электронами, вылетающими из катода. Эти катодные лучи с большой силой ударяются об антикатод и, частично от него отражаясь, производят электромагнитное излучение, которое ряд физиков отождествляют с лучами Рентгена.

Нам остается еще рассмотреть отношение новой механики к астрономии. Если исчезает понятие о постоянной массе тела, то что же станет в этом случае с законом Ньютона? Этот закон останется в силе только для тел, находящихся в покое. Кроме того, придется считаться и с тем, что притяжение не распространяется мгновенно. Естественно задать себе вопрос: не усложнит ли новая механика астрономию, не дав в то же время большей точности, чем нам дает классическая небесная механика? Лоренц исследовал этот вопрос. Допуская правильность закона Ньютона для двух заряженных тел, находящихся в покое, он вычисляет электродинамическое действие токов, производимых этими телами при движении. Таким образом, он получает новый закон притяжения двух тел, зависящий от их скоростей. Прежде чем рассматривать, как этот закон прилагается к астрономическим явлениям, заметим еще, что ускорение небесных тел имеет следствием электромагнитное излучение, и благодаря истекающей отсюда потере энергии должно происходить постепенное уменьшение их скоростей. В конце концов планеты упадут на Солнце, но эта мысль не должна нас пугать, так как катастрофа может произойти не раньше, чем через миллионы миллиардов веков. Возвращаясь снова к закону притяжения, мы ясно видим, что различие

между обеими механиками будет тем больше, чем больше скорость планет. Наибольшая разница должна обнаружиться в теории движения Меркурия, самой быстрой из всех планет. Действительно, движение Меркурия представляет еще одну необъяснимую до сих пор аномалию: движение его перигелия более быстрое, чем вычисленное по классической теории. Разница составляет около $38''$ в столетие. Лавуазье приписывал эту аномалию планете, которая еще не открыта, и один астроном-любитель утверждал, что наблюдал прохождение этой планеты по диску Солнца. С тех пор, однако, никто ее не видел, и, к сожалению, весьма вероятно, что эта замеченная планета была не что иное, как птица. Новая механика несколько исправляет ошибку в теории движения Меркурия, доведя ее до $32''$, но не дает полного соответствия между наблюдением и вычислением. Если этот результат не является решающим в пользу новой механики, то он все же не является для нее неблагоприятным, так как поправка, вносимая в классическую теорию, по своему знаку правильна. Теория других планет не изменилась сколько-нибудь существенно в новой механике, и с той степенью точности, с какой производятся наблюдения, результаты ее совпадают с результатами классической механики.

Подводя итоги всему сказанному, нужно отметить, что, несмотря на большое значение аргументов и фактов, выдвинутых против классической механики, было бы преждевременно рассматривать ее как окончательно осужденную. Как бы то ни было, она во всяком случае останется механикой скоростей, очень малых по сравнению со скоростью света, остается, таким образом, механикой нашей практической жизни и нашей земной техники. Если тем не менее через несколько лет ее соперница — новая механика — восторжествует, я позволю себе отметить опасность, которая грозит преподаванию. Многие учителя, по крайней мере во Франции, излагая своим ученикам элементарную механику, поспешат им сообщить, что эта механика отжила свой век, что ее заменяет новая механика, где понятия массы и времени имеют совсем другой смысл; они будут относиться свысока к этой старой механике, преподавать которую их заставляют программы, и внушат ученикам

презрение к ней, которое они сами к ней питают. Я думаю, однако, что эта презираемая классическая механика будет и в будущем так же необходима, как и теперь, и тот, кто не будет знать ее основательно, не будет в состоянии понять и новую механику.

Глава IX

МОРАЛЬ И НАУКА

В последнюю половину XIX века очень часто мечтали о создании научной морали. В то время не удовлетворялись восхвалениями воспитательной силы науки, преимущества, которое человеческая душа извлекает для своего совершенствования из непосредственных сношений с истиной. Считали, что наука неоспоримым образом выявит моральные истины, как это она сделала с теоремами математики и с законами, высказанными физиками.

Религии могут иметь большую власть над верующими душами, но не все верующие; вера имеет силу только над некоторыми, разум же — над всеми. Именно к разуму и необходимо обратиться, я не говорю к разуму метафизика, построения которого блестящи, но эфемерны, как мыльные пузыри, которыми один миг забавляются и которые лопаются. Одна наука строит прочно; она построила астрономию и физику, она сейчас строит биологию, тем же способом завтра она построит мораль. Ее предписания будут царить безраздельно, никто не посмеет ворчать против них, и больше не будут ни у кого мысли восставать против нравственного закона, как сейчас никто не помышляет выступать против теоремы трех перпендикуляров или закона тяготения.

С другой же стороны, были люди, видевшие в науке всевозможное воплощение зла, которые считали ее школой безнравственности. Не только потому, что она отводит слишком много места материи, что она лишает нас чувства почтения, так как почитают только то, на что не решаются смотреть. Но разве ее заключения не являются отрицанием морали? Она, как сказал не помню какой знаменитый автор, погасит небесные светила или по меньшей мере лишит их того, что они имеют таинственного, чтобы свести их