

Вернемся к хаотическим движениям. В 1871 году английский физик Дж.К.Максвелл придумал гипотетическое существо, способное в известном смысле «выпрямлять» энергию хаотических движений молекул нагретого газа. Манипулируя крохотной дверцей-заслонкой, это существо могло бы рассортировать по двум половинкам сосуда быстрые и медленные молекулы. Как бы намекая на неосуществимость этого микроскопического агента физическими средствами, Максвелл назвал его «демоном». Если бы он сам в него верил, то назвал бы контролером, вахтером или кем-то еще в этом роде. Что же интуитивно смущало физика?

Кинетические причины тепла и холода были к тому времени для всех наглядно разъяснены трудами М.В.Ломоносова и Д.Бернулли. Понятная всем картина хаотического поведения корпускул нагретого тела навсегда изгнала из науки специальную субстанцию «флогистон» как носителя теплоты. Лишь язык — весьма консервативная штука — и доселе сохранил выражения типа «перетекание тепла». А квантовой теории тогда еще не было и в помине.

Логическая структура классической механики во многом подобна геометрии — дисциплине сугубо математической. И та и другая обладают упоминавшимся выше свойством масштабной инвариантности. Это означает, что при одновременном и произвольном изменении всех пространственных масштабов и законы движения, и отношения чисто геометрического характера сохраняют свои структуры. Свойства медиан треугольника, теорема Пифагора и тому подобное никак не зависят от масштаба. Так же и упругое столкновение двух малых частиц вполне подобно столкновению больших. Когда Э. Резерфорд сконструировал планетарную модель атома, знакомую сейчас каждому школьнику, сразу же появились литературные фантазии насчет разумных обитателей электронов-планет.

Таким образом, при тогдашнем понимании фундаментальных физических законов ничто, вроде бы, не мешало максвелловскому вахтеру-демоу осуществиться хотя бы в качестве толково придуманного автоматического устройства. Сомнение, по-видимому, было в другом.

Еще в 1824 году Сади Карно сформулировал знаменитую теорему о предельных возможностях преобразования теплоты в полезную механическую работу. А через два с небольшим десятилетия результат Карно был обобщен Р.Клаузиусом и У.Томсоном (лордом Кельвином) и возведен в ранг фундаментального принципа — второго начала (закона) термодинамики. Термодинамика становилась в известном смысле самодостаточной, неплохо аргументированной аксиоматической наукой, как бы независимой от классической механики. Она давала отчетливые и разумные ответы на важные для практики вопросы. Например, можно ли отнять энергию тепловых движений у холодного тела и передать горячему, не затратив при этом работы? Нет. А можно ли получить полезную работу за счет разности температур двух тел? Да.

Стройная система термодинамических представлений хорошо согласовывалась практически со всеми наблюдениями естествоиспытателей: биологическими и химическими метаболизмами, планетарными процессами переизлучения солнечной энергии в холодный космос. Если бы кому-то случилось поставить под сомнение или отменить законы Клаузиуса–Томсона–Карно, то многое в нашем понимании живого и так называемого неживого пришлось бы переосмысливать заново (и еще неизвестно, как).

Действительно, тогда позволительно было бы черпать из океана тепловой энергии буквально все (и обогрев, и прохладу в жаркий день). А по мере использования — пожалуйста — пускай даровая энергия возвращается обратно в свой первородный хаос. Это называлось бы *вечным двигателем второго рода*, отнюдь не нарушающим закон сохранения энергии.

Едва ли Максвелл не осознавал всей глубины последствий от реализации своего антитермодинамического «демона». Вернее будет представлять его рассуждения как формулировку ключевого парадокса, вскрывающего принципиальную логическую дилемму для будущего развития всей системы естественных наук. Первая мыслимая возможность — признать необязательность термодинамических ограничений на произвольное извлечение полезной работы

из теплового хаоса. Если так, то представляется загадочным, почему никакие существа не научились этого делать в ходе миллионлетнего развития. Другая возможность — открытие некоего фундаментального закона движения частиц, принципиально необъяснимого с позиций механики Ньютона. Кроме всего прочего, этот закон требовал бы и нарушения принципа масштабной инвариантности при переходе к описанию тепловых микродвижений.

Теперь пора кое-что вспомнить. Мы умышленно забыли на время про квантовую теорию, чтобы исподволь ощутить настоятельную потребность в ее появлении на сцене. Теперь пора. Не будем здесь углубляться в изложение истории возникновения квантовых идей, хотя сама по себе эта история и увлекательна, и драматична. Иногда полезнее сосредоточить внимание на парадоксах науки, которые подобно волшебным дверцам знаменуют переходы в неведомые прежде миры. Очередная такая дверца на нашем пути — знаменитый парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена.

Рассмотрим упругое столкновение двух частиц. В классической физике на этой простейшей модели начинают изучение законов сохранения энергии и импульса. Если значения импульсов частиц до столкновения известны, то механика Ньютона позволяет вычислить с полной определенностью и конечные их значения. Задача эта школьная, здесь нет, вроде бы, и намека на возможность какой-то тайны. По крайней мере, пока частицы достаточно крупны и могут быть восприняты как бильярдные шары или что-то в этом роде.

Парадокс возникает при описании такого же столкновения микроскопических частиц методами квантовой теории. И хотя суммарные импульс и энергия по-прежнему в точности сохраняются, каждой из частиц по отдельности оказывается уже невозможным приписать определенные значения импульса и энергии после столкновения. Ситуация действительно кажется парадоксальной. За сотни лет существования классической физики ни разу еще не возникло случая, когда состояния подсистем (частиц) оказывались бы неопределенными при полной физической определенности сложной системы (включающей обе частицы). Подобное труд-