

ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ. ТЕПЛОТА И РАБОТА

2.1. Дискуссии о первом начале

Термодинамика, как известно, в своей теоретической части является наукой дедуктивной. Поэтому анализ первого и второго начал термодинамики представляется особенно важным для понимания всех остальных законов и формул термодинамики и для их практического приложения. В качестве первого и второго начал термодинамики приняты два главенствующих закона физики, смыкающие физику с общими вопросами философии,— закон сохранения энергии и закон деградации энергии. Уже к концу прошлого столетия, даже, собственно, в середине прошлого столетия, можно было считать с полной убежденностью оба эти закона установленными в полном смысле слова незыблемо. Эти законы лежат в основе научного миропонимания и имеют поэтому философское значение. Однако вплоть до последнего времени со стороны отдельных ученых возникали попытки ревизии этих законов.

Несомненно, что подавляющее большинство ученых рассматривает принципы термодинамики, которые в то же время являются главенствующими законами физики, как незыблемую основу своего научного мировоззрения; тем не менее постоянно находятся и такие ученые, которые ничем в особенности не выделяют начала термодинамики из остальных, менее общих и не имеющих принципиального философского значения законов и допускают возможность ниспровержения в последующем развитии физики одного из этих начал или обоих. Например, на рубеже нашего века открытие радиоактивности вызвало дискуссию о законе сохранения энергии. При этом такой крупный ученый, как Содди, настойчиво высказывал сомнение в универсальности закона сохранения энергии. Вскоре, однако, было показано, что явления радиоактивности служат к вящему торжеству принципа сохранения энергии.

В 1924 г. по вине Бора, Крамерса и Слэдса снова возникла дискуссия о границах применимости закона сохранения энергии. Бор, Крамерс и Слэдс выдвинули идею, что для микропроцессов, а именно для процессов излучения и поглощения энергии, закон сохранения энергии оправдывается только как закон статистический, т. е. определяет средние величины. Для отдельных же индивидуальных актов названные ученые предполагали возможным допустить, что закон сохранения энергии вовсе не соблюдается. Эта гипотеза могла быть проверена экспериментально. А именно, если бы дело обстояло так, как указывали Бор, Крамерс и Слэдс, то в явлении Комптона (в рассеянии рентгеновских лучей при соударении кванта рентгеновских лучей с электроном) углы отлета электрона должны были бы оказаться распределенными по закону случая. В 1925 г. опытами Боте и Гейгера (по изучению явления Комптона) было строго доказано, что закон сохранения энергии справедлив для индивидуального акта — столкновения кванта лучистой энергии с электроном. Дискуссия прекратилась. Однако в 1933—1934 гг. дискуссия о законе сохранения энергии вновь возникла в связи с обсуждением причин непрерывности спектра бета-лучей. Гипотеза Ферми о нейтринно положила конец этой дискуссии, и снова было утверждено торжество закона сохранения энергии.

В 1936 г. дискуссия о границах применимости закона сохранения энергии возникла снова — по вине опытов американского физика Шенклэнда.

Эти опыты опять касались изучения эффекта Комптона. Он получил результаты совсем не те, которые были получены раньше в упоминавшихся опытах Боте и Гейгера. На этот раз многие из крупных ученых высказали предположение, что закон сохранения энергии не всегда применим, а значит, не может и претендовать на роль принципа, служащего основой нашего научного мировоззрения. Конечно, это привлекло внимание экспериментаторов, и на протяжении 1937 г. в четырех крупнейших лабораториях были тщательно поставлены опыты в целях проверки результатов Шенклэнда, причем во всех четырех лабораториях было обнаружено, что Шенклэнд в своих выводах неправ. Закон сохранения энергии опять восторжествовал.

2.2. Шесть формулировок первого начала

Несмотря на простоту первого и второго начал термодинамики, все их глубокое содержание нелегко высказать кратко и ясно. Об этом свидетельствует то, что разными авторами каждый из этих законов формулируется по-разному. Мне кажется, что обзор принципов термодинамики всего удобнее провести в форме сопоставления различных формулировок первого и второго начал термодинамики, высказанных разными авторами.

Что касается первого начала, то здесь можно выделить шесть наиболее удачных формулировок. Простейшей является такая формулировка: *невозможно возникновение или уничтожение энергии*. Однако глубокий смысл первого начала заключается не только в констатации сохранения энергии, но и в утверждении взаимопревращаемости всех видов энергии. Именно желая оттенить эту мысль, Энгельс формулирует философское содержание первого принципа термодинамики так: *любая форма движения способна и должна превращаться в любую другую форму движения*.

Часто первый принцип термодинамики формулируют следующим образом: *энергия является однозначной функцией состояния*.

Рассмотрим связь этой формулировки с предыдущими. Если тело неизменно пребывает в одном и том же состоянии, то само собой очевидно, что никакой затраты энергии на него не производится. Но подвергнем тело ряду каких угодно механических и тепловых воздействий, а затем возвратим тело также посредством механических и тепловых воздействий в его исходное термодинамическое состояние. Спрашивается, могут ли все эти произведенные на тело воздействия оставить в нем такой «след», который заключался бы в изменении энергии и больше не проявлялся бы ни в чем другом, т. е. не был связан с изменением хотя бы одного из параметров состояния (давления, плотности, температуры и т. д.).

Очевидно, что подобный «след» (заключающийся в изменении одной только энергии тела, без каких бы то ни было других проявлений) не может остаться, так как это и означало бы, что энергия или возникла, или же исчезла.

Следовательно, энергия, в частности внутренняя энергия, является однозначной функцией состояния $U = f(x, y, z, \dots)$. Здесь f есть символ однозначной функции, а x, y, z, \dots представляют собой полную систему параметров состояния тела.

Как известно, в простейшем случае, а именно в случае физически и химически однородного тела, полной системой параметров являются давление, объем (удельный или мольный) и температура. Поскольку, пользуясь уравнением состояния, каждый из этих трех параметров принципиально можно представить как функцию двух других, понятно, что в указанном простейшем случае и внутреннюю энергию можно представить как функцию только двух параметров, например давления и температуры. Но уравнение состояния по отношению к удельному объему тела не однозначно (при некоторых значениях давления и температуры могут сосуществовать две или три фазы). Поэтому, если внутреннюю энергию рассматривать как функцию *не*