

Производная $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_S$ определяет термическое расширение при адиабатическом процессе — это вполне определенное физическое свойство системы.

Производная $\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V$ характеризует упругость системы при изохорном подводе или отводе тепла. Это тоже вполне определенное макроскопическое свойство.

Очевидно, могут быть получены также следующие соотношения:

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p &= -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T; & \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T &= \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V; \\ \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p &= \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S,\end{aligned}$$

или обращенные соотношения

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p &= -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_T; & \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_T &= \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V; \\ \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_p &= \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_S.\end{aligned}$$

Равенство попарно двух производных (одна из которых иногда берется с обратным знаком) позволяет исследовать одно макроскопическое свойство посредством изучения другого. Поэтому дифференциальные соотношения широко используются для того, чтобы уходить от непосредственно неизмеряемых величин (или трудно измеряемых), например энтропии.

В дальнейшем мы будем широко применять метод дифференциальных соотношений для решения многих задач.

§ 15. Учение Клаузиуса о «тепловой смерти» Вселенной и критика этого учения

Впервые понятие об энтропии введено в термодинамику Клаузиусом в 50-х годах прошлого столетия. Им же было исследовано поведение энтропии в адиабатически изолированных системах.

Опираясь на данные опыта, заключающиеся в том, что при всех реальных процессах происходит хотя бы частичное преобразование любого вида энергии в теплоту и вместе с тем выравнивание температуры всех взаимодействующих тел, Клаузиус формулирует закон

возрастания энтропии в ходе реальных процессов в адиабатически изолированных системах:

$$dS > 0. \quad (15.1)$$

Этот закон, установленный в условиях земного опыта, Клаузиус возводит в ранг универсального физического закона и распространяет на всю Вселенную. Им был провозглашен тезис: «энтропия Вселенной стремится к максимуму».

Если принять этот тезис как научное положение, отражающее основную тенденцию развития любого процесса во Вселенной, то можно представить картину эволюции Вселенной в следующем виде.

Реальные процессы, идущие во Вселенной, сопровождаются самопроизвольным преобразованием всех мыслимых видов энергии в энергию беспорядочного движения частиц, из которых состоит материя. Под действием обычного механизма теплообмена происходит перераспределение выделенной энергии между телами Вселенной и как следствие этого — выравнивание их температуры. По мере хода процессов будет происходить изменение качественного состава энергии при неизменном общем количестве энергии вселенной. По истечении некоторого промежутка времени во Вселенной будет существовать только один вид энергии — энергия беспорядочного движения частиц, равномерно распределившаяся между телами Вселенной, обладающими одинаковой температурой. Исчезнет какая-либо возможность самопроизвольного возникновения процессов, так как энергия потеряла способность к превращениям. Наступит состояние «тепловой смерти» Вселенной, состояние вечного равновесия.

Если считать, что представленная нами картина эволюции Вселенной верна, т. е. если считать, что «тепловая смерть» Вселенной может наступить, то мы с неизбежностью должны прийти к мысли о начале существования Вселенной. И так как никаких причин для возникновения процессов внутри самой Вселенной больше не существует, необходимо признать существование какой-то силы, стоящей над природой и способной вызвать ее к жизни путем сообщения ей первичного толчка. Мы приходим к фидеизму:

Вывод, к которому мы пришли путем логических рассуждений, явно абсурден. Поэтому сейчас же возникает

сомнение в справедливости исходных предположений, а именно, встает вопрос о том, является ли закон возрастания энтропии в изолированной системе универсальным законом.

Подвергнем этот вопрос рассмотрению.

Критике учения о «тепловой смерти» Вселенной посвящает Энгельс ряд фрагментов в «Диалектике природы»¹.

Энгельс отмечает, что принятие «тепловой смерти» Вселенной равносильно отказу от закона сохранения и превращения энергии. Действительно, согласно Клаузиусу, во Вселенной непрерывно происходит одностороннее самопроизвольное преобразование всех видов энергии в такую форму, которая не способна к самопроизвольному обратному преобразованию в другие виды энергии. Поэтому хотя и наблюдается полное количественное соответствие (энергия количественно сохраняется) при преобразованиях, но происходит качественное уничтожение энергии — преобразование ее к виду, в котором она становится не способной к обратным преобразованиям.

Таким образом, закон возрастания энтропии, расширенный на всю Вселенную, не совместим с законом сохранения и превращения энергии. Его, следовательно, нельзя считать универсальным и, очевидно, нужно перевести в ранг законов частных.

Итак, идея Клаузиуса об одностороннем развитии мира должна быть отвергнута. Клаузиус совершенно неправоммерно экстраполировал закономерность, установленную в определенных условиях и в силу этого справедливую при данных физических условиях, на все области Вселенной. Естественно считать, что при иных условиях существования материи, сильно отличающихся от тех, которые имеют место на Земле, процессы могут протекать и в обратном направлении, т. е. с убыванием энтропии.

Задача заключается в том, чтобы показать, при каких именно физических условиях будет справедлив обратный принцип — принцип убывания энтропии. Однако современный уровень физических знаний еще недостаточен для надежного решения этого вопроса, это — дело будущего науки.

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1948, стр. 19, 21, 231.

Итак, закон возрастания энтропии в изолированных системах, в которых совершается процесс, является законом частным, ограниченным. Со времен Клаузиуса — и это сохранилось в термодинамической литературе и до наших времен — этот закон получил название второго начала термодинамики для нестатических процессов¹.

Сейчас мы можем оценить этот закон по достоинству. Мы показали, что по степени своей общности он стоит гораздо ниже закона сохранения и превращения энергии и поэтому претендовать на роль «начала» наряду с этим универсальным законом природы он, несомненно, не может. К термодинамике же он непосредственного отношения не имеет, так как термодинамика рассматривает квазистатические процессы и в силу этого от него не зависит. Поэтому правильнее было бы именовать его, как и было сделано нами, законом возрастания энтропии при нестатических процессах в изолированных системах.

Здесь мы не касаемся критики учения о «тепловой смерти» Вселенной с точки зрения микрофизических представлений, развитых в свое время Больцманом. К этому вопросу следует вернуться еще раз при изучении статистической физики

¹ В системе идей Клаузиуса под вторым началом термодинамики понимается учение об энтропии в полном объеме — и обоснование существования энтропии и положение о ее возрастании при необратимых процессах.