

3.12. Два признака необратимости процесса

Анализируя понятия обратимых и необратимых процессов, мы путем некоторых общих, но еще недостаточно убедительных рассуждений, подтвержденных примерами, показали, что *неравновесность процесса является признаком и причиной его необратимости*. Теперь мы имеем возможность строго доказать это утверждение. Вспомним прежде всего, что понятия обратимого и необратимого процессов относятся к абсолютно изолированной системе.

Пусть система переходит из состояния 1 в состояние 2. Если хотя бы один из процессов, протекающих при этом внутри системы, неравновесен, то, как мы только что убедились,

$$S_2 - S_1 > 0.$$

Следовательно, для возвращения системы в исходное состояние 1 без каких бы то ни было изменений в окружающем мире требуется, чтобы произошел процесс, сопровождающийся уменьшением энтропии изолированной системы от значения S_2 до значения S_1 . Но такой процесс, как было доказано, невозможен (так как для изолированной системы всегда $dS \geq 0$). Следовательно, процесс $1 \rightarrow 2$ необратим, и *необратим он только потому, что он был неравновесен*.

Вышеприведенное формально-термодинамическое рассуждение так же, как и известное молекулярно-кинетическое рассмотрение, показывает, что причиной необратимости процесса служит неравновесность процесса хотя бы в одной из его стадий. Таким образом, для необратимости процесса имеются два признака. Первым признаком является неравновесность процесса. Если в какой-либо своей части в какой-либо момент времени процесс, испытываемый системой, был неравновесен, то в таком случае процесс в целом окажется необратимым. Здесь мы судим о том, обратим или необратим процесс, по динамической характеристике протекания процесса. Вторым признаком служит возрастание энтропии: если энтропия изолированной системы увеличилась, значит, процесс был необратимый. В этом случае мы о необратимости процесса судим по сопоставлению конечного и начального состояний.

3.13. Второе начало в трактовке Клаузиуса

Совокупность вышеустановленных понятий и теорема о возрастании энтропии полностью раскрывают содержание глубокой трактовки второго начала, высказанной Клаузиусом: *энтропия всякой изолированной системы стремится к максимуму* (в нашем обзоре это — пятнадцатая формулировка второго начала). Пока система еще не достигла состояния термодинамического равновесия, в ней возможно самопроизвольное течение процессов, которые остаются неуравновешенными и влекут за собой увеличение энтропии. Когда система приходит в такое состояние, что ее энтропия оказывается максимальной и дальнейшее увеличение энтропии становится, таким образом, невозможным, то это свидетельствует о том, что самопроизвольно никакие процессы в системе больше возникнуть и протекать не могут, а это означает, что система пришла к состоянию термодинамического равновесия.

Здесь следует заметить, что по вине самого Клаузиуса, который расширил вышеприведенную формулировку второго начала до утверждения, что «энтропия мира стремится к максимуму», спекулятивная философия не замедлила выдвинуть доктрину так называемой тепловой смерти мира. Эта ложная доктрина тепловой смерти мира многократно служила предметом научных дискуссий. Относящиеся сюда вопросы мы рассмотрим в первом разделе гл. V.