

# *Глава I*

## **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ**

### **§ 3. Условие возникновения процессов в системе**

Как уже было отмечено во введении, перед термодинамикой стоит задача изучения макроскопических свойств материальных тел в процессе преобразования одного вида энергии в другой.

Условимся в дальнейшем называть *системой* тело или совокупность тел, свойства которых являются объектом исследования.

Так как изучение физических свойств систем производится именно в условиях преобразования энергии, чрезвычайно большое значение приобретает вопрос о причинах возникновения макроскопических процессов в системах.

При решении этого весьма важного вопроса, термодинамика прибегает к научной абстракции. Необходимо отметить, что введение научных абстракций при построении термодинамического метода анализа физических свойств исследуемых систем является характерным для термодинамики. Действительно, ставя перед собой задачу исследования общих свойств материальных систем, термодинамика должна широко применять научные абстракции. Только путем очищения от побочного, второстепенного, можно выделить главное, общее, существенное, и тогда, надо ожидать, полученные результаты будут обладать достаточной общностью.

Как же решает термодинамика вопрос о причинах возникновения процессов?

Опыт показывает, что интенсивность процессов в системах существенно зависит от тех конкретных условий, при которых протекает процесс. Путем изменения этих условий можно добиться значительного ослабления процесса, можно создать такие условия, при которых процесс практически полностью прекратится. Решающее значение при этом имеет характер внешних воздействий. Поведение системы при взаимодействии с окружающими телами и в условиях изоляции от внешних влияний глубоко различно. Изолированных, в строгом смысле этого слова, систем в природе не существует. Следовательно, получить законы, определяющие поведение изолированной системы, непосредственно из опыта, невозможно. Но существует полная возможность оценить последствия ослабления внешних воздействий, обнаружить эффекты, связанные с применением разнообразных изоляций, определить особенности поведения системы при приближении реальных условий к условиям абсолютной изоляции. Именно тщательное изучение всего комплекса этих эффектов позволяет ввести понятие изолированной системы — системы, не взаимодействующей с внешними телами.

Изолированная система — это весьма необходимая для построения термодинамики абстракция. Введение этого понятия, построенного на основе правильного научного осмысливания опытного материала, позволяет сформулировать условия установления равновесия (т. е. прекращения всех макроскопических процессов) в системе. Эти условия в термодинамике формулируются в виде особого принципа, носящего название принципа самоненарушимости равновесного состояния системы.

*Если выделить некоторую материальную систему и оградить ее от взаимодействия с прочими телами, то по истечении некоторого конечного промежутка времени в системе прекратятся какие бы то ни было процессы. Наступит состояние макроскопического равновесия. Это состояние может быть нарушено только внешними воздействиями.*

Состояние макроскопического равновесия наступит в системе не сразу после осуществления изоляции. Если к моменту осуществления изоляции система участвова-

ла в некотором процессе, то потребуется вполне определенное время, называемое *временем релаксации*, для прекращения процесса в системе. Время релаксации зависит и от степени неравновесности системы в момент наложения изоляции, и от физических свойств системы.

Здесь необходимо особо подчеркнуть, что рассматривается состояние макроскопического равновесия. Тот факт, что в системе установилось макроскопическое (видимое) равновесие, отнюдь не означает, что наступило и микроскопическое равновесие. Наоборот, микромир продолжает жить во всем своем многообразии. Совершается непрерывное движение микрочастиц, из которых состоит данная система, но оно совершается так, что состояние макроскопического равновесия не нарушается.

Важно отметить, что возникновение и существование макроскопического равновесия делается возможным лишь благодаря наличию микроскопического движения. И больше — состояние макроскопического равновесия существует лишь благодаря наличию непрерывного микроскопического движения. Действительно, представим себе макроскопическую систему, которая в момент наложения изоляции находилась в неравновесном состоянии (например, в различных частях системы существовали различные значения температуры, давления, плотности и других физических величин). В такой системе в условиях изоляции будут протекать процессы выравнивания физических величин. Эти процессы выравнивания обязаны своим осуществлением именно движению микроскопических частиц, из которых состоит данная система.

Итак, макроскопическое равновесие устанавливается в результате микродвижения. Это же движение в состоянии макроскопического равновесия обеспечивает его существование. Действительно, например, равновесное давление газа на стенки сосуда обуславливается непрерывной передачей импульсов молекул системы стенке. Равным образом постоянная температура газа обуславливается постоянством средней кинетической энергии движения молекул газа.

Итак, для изолированной системы характерно исчезновение макроскопических процессов и установление состояния макроскопического равновесия.

Выяснение условий установления равновесия в системе позволяет сформулировать условия возникновения в ней процессов.

Если условиться называть внешние тела, взаимодействующие с системой и вызывающие возникновение в ней процессов, *окружающей средой*, то можно утверждать, что причиной возникновения процессов в системе является взаимодействие системы с окружающей средой.

#### **§ 4. Закон сохранения и превращения энергии в термодинамике**

Рассмотрим систему, взаимодействующую с окружающей средой. В результате этого взаимодействия происходит обмен энергией между системой и окружающей средой. Пусть энергия системы  $U$  — условимся называть ее *внутренней энергией* — изменилась за счет взаимодействия на величину  $\Delta U$ .

По закону сохранения и превращения энергии таким же по абсолютной величине должно быть изменение энергии тех тел окружающей среды, с которыми взаимодействует система.

Казалось бы, что для подсчета изменения внутренней энергии системы достаточно определить изменение энергии окружающей среды. Однако необходимые для этого измерения в окружающей среде не производятся. Объектом исследования являются процессы, протекающие в системе, и только в ней производятся измерения соответствующих физических величин. Следовательно, должен быть найден иной путь определения  $\Delta U$ .

Этот путь был найден в процессе развития науки. Именно. опыт показал, что обмен энергией между двумя любыми материальными объектами может происходить в двух формах: в форме теплоты и в форме работы.

Здесь нужно подчеркнуть, что, говоря о передаче энергии в форме работы, мы разумеем не только работу обычных сил механической природы, но также работу сил любой природы. Это может быть работа электрических, магнитных сил, работа сил поверхностного натяжения и т. д.

Таким образом, если в результате взаимодействия