

1.3. Термодинамический процесс.

*Изменение состояния системы, характеризующееся изменением ее термодинамических параметров, называется **термодинамическим процессом***. Иными словами, если система переходит из исходного состояния в конечное, отличное от исходного, то совершается процесс. Чаще всего в термодинамике рассматриваются следующие процессы:

- 1) *изотермический* ($T = const$), {греческое therme – жар, теплота};
- 2) *изобарный* ($p = const$), {греческое baros – тяжесть, вес};
- 3) *изохорный* ($V = const$), {греческое chora – пространство};
- 4) *изобарно-изотермический* ($p = const, T = const$);
- 5) *изохорно-изотермический* ($V = const, T = const$);
- 6) *адиабатический* (отсутствует обмен теплотой между системой и внешней средой).

Процесс, в результате которого система, выйдя из начального состояния и претерпев ряд превращений, вновь в него возвращается, называется *круговым процессом* или *циклом*.

Изменение состояния системы может происходить при различных условиях. Поэтому различают в первую очередь **равновесные (квазистатические)** и **неравновесные** процессы. *Процесс, рассматриваемый как непрерывный ряд равновесных состояний системы, называется **равновесным процессом***. При равновесном процессе все параметры системы меняются бесконечно медленно, так что система все время находится в состоянии равновесия.

Чтобы термодинамический процесс осуществлялся квазистатически (равновесно), необходимо выполнение следующих условий:

1. Бесконечно малая разность действующих и противодействующих сил (например, давление в системе на бесконечно малую величину отличается от внешнего давления).
2. Бесконечно медленное течение процесса.
3. Совершение максимальной работы (при неравновесном процессе работа всегда меньше, чем при равновесном и может быть равной нулю – например, расширение идеального газа в вакуум).
4. Изменение внешней силы на бесконечно малую величину меняет направление процесса на обратный.
5. Абсолютные значения работ прямого и обратного процессов одинаковы, а их пути совпадают.

Процесс перехода системы из неравновесного состояния в равновесное называется **релаксацией**, а продолжительность этого процесса – **временем релаксации**. У различных процессов время релаксации неодинаково: от 10^{-7} секунды для установления равновесного давления в газе до нескольких лет при выравнивании концентраций в твердых сплавах.

Следует отметить, что реальные процессы протекают при нарушении равновесия между системой и окружающей средой, при этом возникают

потоки энергии и или вещества внутри системы, нарушая в ней равновесие. Поэтому реальные процессы, протекающие с нарушением равновесного состояния системы, являются **неравновесными**. В классической (феноменологической) термодинамике изучаются только равновесные процессы. Выводы, полученные термодинамикой для равновесных процессов, играют в ней роль своего рода предельных теорем.

Физически бесконечно медленным или квазистатическим (равновесным) изменением какого-либо параметра « a » называют такое его изменение со временем, когда скорость изменения da/dt значительно меньше средней скорости изменения этого параметра при релаксации (здесь t – время). Если при релаксации параметр « a » изменился на Δa , а время релаксации τ , то при **равновесных процессах**

$$\frac{da}{dt} \ll \frac{\Delta a}{\tau}$$

Если изменение параметра « a » происходит за время t , меньшее или равное времени релаксации τ , так что

$$\frac{da}{dt} \leq \frac{\Delta a}{\tau}$$

то такой процесс является **неравновесным** или **нестатическим**.

Кроме понятий равновесных (квазистатических) и неравновесных процессов в термодинамике все процессы делят на **обратимые** и **необратимые**. *Обратимый термодинамический процесс – процесс перехода термодинамической системы из одного состояния в другое, который может протекать как в прямом, так и в обратном направлении через те же промежуточные состояния без каких бы то ни было изменений в окружающей среде.* Если же процесс перехода системы из одного состояния в другое нельзя осуществить в прямом и обратном направлениях без изменения в окружающей среде, то его называют **необратимым** процессом. *Очевидно, что равновесный процесс всегда обратим, а обратимый процесс всегда протекает равновесным путем.*

Примеры необратимых процессов:

1. *Процесс теплопередачи при конечной разности температур необратим.* Обратимый процесс (как равновесный) начинается с состояния равновесия. Наличие разности температур указывает на неравновесность (нестатичность) процесса.
2. *Расширение газа в вакуум необратимо*, поскольку при таком расширении не совершается работа, а сжать газ так, чтобы не совершить работы, невозможно.
3. *Процесс диффузии газов необратим.* Если в сосуде с двумя различными газами, разделенными перегородкой, убрать перегородку, то каждый газ будет диффундировать в другой. Для разделения газов каждый из них нужно сжимать. Чтобы они не нагревались, необходимо отнять у них теплоту и превратить в работу, что невозможно без изменения в окружающей среде (второй закон термодинамики).