

# Адиабатический процесс.

## Уравнение адиабаты

- При выводе основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеальных газов (2.4) мы предполагали, что столкновения молекул газа со стенками являются абсолютно упругими. Однако стенки сосудов сами состоят из молекул, и хотя молекулы стенок не движутся свободно как молекулы газа, а колеблются около положений равновесия, их, все же нельзя считать неподвижными. Значит, столкновение молекул газа со стенкой это, в сущности, столкновение молекул газа с движущимися молекулами стенки.

- А при таком столкновении, даже если считать его абсолютно упругим, энергия молекулы газа вполне может измениться. Почему же мы полагали, что энергия молекул не изменяется при столкновении? Дело в том, что мы считали, что газ находится в *состоянии теплового равновесия* со стенками – при ударах молекул о стенки происходит и перенос энергии от молекул газа к молекулам стенки, и обратный процесс – перенос энергии от молекул стенки к молекулам газа, причем оба эти процесса идут с одинаковой интенсивностью.

- Поэтому, отскочившая от стенки молекула газа имеет «в среднем» такую же энергию, как и до удара. Но состояния равновесия может и не быть. Тогда энергия будет либо «утекать» из газа в стенки, либо, наоборот, переходить от стенок к газу. Процесс такого рода мы будем называть *теплообменом*, а переданную в процессе теплообмена энергию – *теплом* или *количеством теплоты*. Значит, в общем случае изменение внутренней энергии газа складывается из работы внешних сил (2.10) и количества теплоты, переданного газу:

- .

- Может оказаться, что сжатие или расширение газа происходит так, что теплообмен отсутствует и количество теплоты . Это может быть либо в случае, когда газ помещен в особую, *теплоизолирующую* оболочку, либо когда сжатие (расширение) газа происходит так быстро, что теплообмен не успевает произойти. Процесс, при котором тепло не поглощается и не выделяется, называется *адиабатическим*.

- Например, сжатие газа в звуковой волне или в цилиндре двигателя происходит достаточно быстро для того, чтобы эти процессы можно было с хорошей точностью считать адиабатическими. Найдем связь между давлением и объемом при адиабатическом процессе. Рассмотрим небольшое изменение объема газа в адиабатическом процессе – от  $V_1$  до  $V_2$ . Пусть давление газа изменилось от  $p_1$  до  $p_2$ . Тогда произведение  $pV^\gamma$  изменилось на

- $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$ .

- Из уравнения (2.9) , а для адиабатического процесса равно . Значит
- или .
- Отсюда
- .
- Проинтегрировав это уравнение, получим , где - постоянная интегрирования. Потенцируя это выражение, получаем такой закон:
- . (2.12)
- То есть, при адиабатическом процессе давление обратно пропорционально объему в степени . В связи с этим константу называют *показателем адиабаты*, а уравнение (2.12) – *уравнением адиабаты идеального газа* или *уравнением Пуассона*.

- Рассмотрим теперь многоатомные газы. Молекулы таких газов могут не только двигаться поступательно, но и вращаться вокруг осей, проходящих через центр масс молекулы. Для двухатомной молекулы существует два независимых направления вращения (рис. 14), а для молекулы, состоящей из трех и более атомов количество независимых направлений вращения равно трем. Кроме того, каждая из этих молекул может двигаться поступательно в трех независимых пространственных направлениях. Эти независимые направления движения называют *степенями свободы*.

- Более строго количество степеней свободы можно определить как число независимых координат, необходимых для однозначного определения положения молекулы в пространстве. Таким образом, двухатомная молекула имеет пять степеней свободы (три «поступательных» и две «вращательных»), а молекула, состоящая из трех и более атомов – шесть степеней свободы (три «поступательных» и три «вращательных»)[1]. Одноатомная молекула имеет только три «поступательные» степени свободы.

■

[1] Мы пока не рассматриваем возможность того, что атомы, составляющие молекулу, могут совершать колебательные движения. Дело в том, что при внутренних колебаниях молекул существенную роль играют квантовые эффекты. Влияние «колебательных» степеней свободы мы обсудим в § 8.