

Кинетическая теория газов

- Расстояние между молекулами вещества, находящегося в газовой фазе обычно значительно больше, чем размеры самих молекул, а силы взаимодействия между молекулами достаточно быстро убывают с расстоянием. Поэтому, в статистической физике пользуются моделью *идеального газа*, которая предполагает следующие приближения. Предполагается, что суммарным объемом молекул можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором находится газ.

- Кроме того, предполагается, что между молекулами отсутствуют дальнодействующие силы взаимодействия, взаимодействие между молекулами проявляется только в момент столкновений, которые считаются абсолютно упругими. Модель идеального газа достаточно хорошо описывает поведение газовых сред при низких давлениях и высоких температурах, в области же высоких давлений и низких температур используются другие, более точные модели.

- Вычислим, в рамках модели идеального газа, давление, оказываемое газом на стенки сосуда. Определим *давление* как величину, равную отношению силы, действующей со стороны газа на стенку площадью S к этой площади:
$$p = \frac{F}{S} \quad (2.1)$$

Рис. 13 *SPS*
- Единичей измерения давления в системе СИ является *паскаль* (Па) – $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

- С точки зрения молекулярно-кинетической теории давление – результат большого числа ударов молекул газа о стенки сосуда. Пусть в сосуде с объемом V находится N молекул. Будем считать удары молекул о стенку упругими. Тогда компонента импульса молекулы в направлении «вдоль стенки» не изменяется при ударе, а в направлении перпендикулярном стенке изменяется на противоположную. Таким образом, каждая молекула при ударе передает стенке импульс $2mv_x$, если обозначить через x направление перпендикулярное стенке.

- Найдем теперь число ударов молекул о стенку за время t . Очевидно, что за время t о стенку могут удариться только те молекулы, которые находятся от нее на расстоянии не превышающем ct (рис.13). Эти молекулы занимают объем $V = 2ct \cdot S$, и если считать, что к стенке и от нее движется одинаковое число молекул, то количество ударившихся о стенку молекул равно половине полного количества молекул в этом объеме. Значит суммарный импульс, который молекулы передают стенке за время t , равен:

- Сила, действующая на стенку равна импульсу, переданному стенке за единицу времени . Значит, давление

- $$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \Delta v}{\Delta t} = \frac{m v}{\Delta t} \quad (2.2)$$

- Теперь надо учесть, что не все молекулы движутся с одинаковыми скоростями. Поэтому произведение в (2.2) нужно заменить средним произведением , усредненным по всем молекулам:

- $$F = \frac{m v_{\text{ср}}}{\Delta t} \quad (2.3)$$

- Рассмотрим скалярное произведение $\vec{p} \cdot \vec{x}$. Поскольку « x – направление» ничем не выделено, $\vec{p} \cdot \vec{x} = \vec{x} \cdot \vec{p}$. Подставляя это значение в (2.3), получим:

- $$\vec{p} \cdot \vec{x} = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} (\vec{p} \cdot \vec{x}) \quad (2.4)$$

- Импульс молекулы \vec{p} , значит $\vec{p} = m \vec{v}$. С учетом этого (2.4) можно переписать в виде:

- $$\vec{p} \cdot \vec{x} = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} (m \vec{v} \cdot \vec{x}) \quad (2.5)$$

- Это выражение (в виде (2.5), или в более общем виде (2.4)) называется *основным уравнением молекулярно-кинетической теории идеальных газов*.

- Если теперь учесть, что величина $\frac{1}{2} m \overline{v^2}$ представляет собой среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы газа, а $\frac{1}{2} M \overline{v^2}$ - это полная кинетическая энергия поступательного движения всех молекул, то
- $\frac{1}{2} M \overline{v^2} = \frac{1}{2} p V$ или $p = \frac{2}{3} \frac{E}{V}$.

- Определим *полную внутреннюю энергию* газа как суммарную энергию движения всех атомов газа. (При этом мы не берем в расчет энергию движения газа как целого и энергию его во внешних полях, например в поле тяжести.) Полная внутренняя энергия в общем случае не совпадает с - полной кинетической энергией поступательного движения молекул, так как газ может состоять из сложных молекул, в которых могут быть внутренние движения – вращения, колебания и т.д., поэтому в общем случае .

- Можно считать, что молекулы одноатомных газов, таких как гелий или аргон, не имеют внутренних степеней свободы, для этих газов внутренняя энергия совпадает с энергией поступательного движения т. е. . Для таких газов (2.6) можно записать в виде

- .
(2.7)