

# 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 дальнедействующие 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  $V$ , 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,  $\vec{p} \cdot \vec{x} = p_x x$ . Подставляя это значение в (2.3), получим:

- $$\vec{p} \cdot \vec{x} = p_x x = \frac{1}{2} m v_x^2 \quad (2.4)$$

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

- $$\frac{1}{2} m v_x^2 = \frac{1}{2} m v^2 \cos^2 \theta \quad (2.5)$$

- 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  $\frac{1}{2}mv^2$  представляет собой среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы газа, а  $\frac{1}{2}Mv^2$  - это полная кинетическая энергия поступательного движения всех молекул, то
- $\frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}Nmv^2$  или  $\frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}N \cdot \frac{1}{2}mv^2$ .



- 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)