

1.5 ДЛИНА СВОБОДНОГО ПРОБЕГА МОЛЕКУЛ

В предыдущих разделах мы рассматривали свойства тел, находящихся в тепловом равновесии. Данный раздел посвящен процессам, с помощью которых происходит установление состояния теплового равновесия. Такие процессы называются кинетическими и являются необратимыми. К ним относятся явления диффузии, вязкости и теплопроводности.

Большое значение при анализе этих процессов имеет свободный пробег молекул. Среднее расстояние, которое проходит молекула между двумя последовательными соударениями, называют **средней длиной свободного пробега молекул** или просто длиной свободного пробега, которую обозначают символом λ . При соударении молекулы сближаются. Минимальное расстояние, на которое сближаются центры двух молекул при соударении, называется *эффективным диаметром молекулы* d . За секунду молекула проходит в среднем путь, равный средней скорости молекул $v_{\text{ср}}$. Если за секунду молекула претерпевает ν соударений, то длина свободного пробега будет равна

$$\lambda = v_{\text{ср}} / \nu. \quad (1.24)$$

Для расчета числа соударений предположим вначале, что все молекулы покоятся, а одна движется и соударяется с ними (рисунок 1.6). Молекула будет сталкиваться с другими молекулами, если их центры будут лежать внутри ломаного цилиндра, имеющий диаметр, равный d . За секунду молекула проходит путь, равный $v_{\text{ср}}$,

и объем ломаного цилиндра, пройденного молекулой, равен $\pi d^2 v_{\text{ср}}$. Умножив этот объем на число молекул в единице объема n , получим среднее число соударений молекулы за секунду: $\pi d^2 v_{\text{ср}} n$. Так как остальные

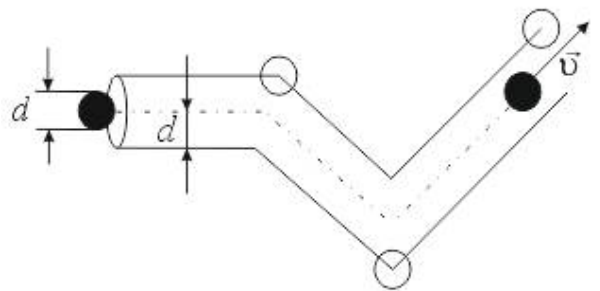


Рисунок 1.6

молекулы также движутся, то, как показывают расчеты, соударения происходят в $\sqrt{2}$ раз чаще. Следовательно, истинное среднее число соударений молекулы за секунду равно

$$\nu = \sqrt{2} \pi d^2 v_{\text{ср}} n. \quad (1.25)$$

Подставив это значение ν в (1.24), получим для средней длины

свободного пробега молекул следующую формулу:

$$\lambda = 1/(\sqrt{2}\pi d^2 n). \quad (1.26)$$

При постоянной температуре n пропорционально давлению. Следовательно, средняя длина свободного пробега молекул обратно пропорциональна давлению. При нормальных условиях расчет по формуле (1.26) для молекул воздуха дает $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ м. Длина свободного пробега получается в 1000 раз больше эффективного диаметра $d = 2 \cdot 10^{-10}$ м. С уменьшением давления длина свободного пробега растет и может стать сравнимой с размерами сосуда. Такое состояние газа называют *вакуумом*.