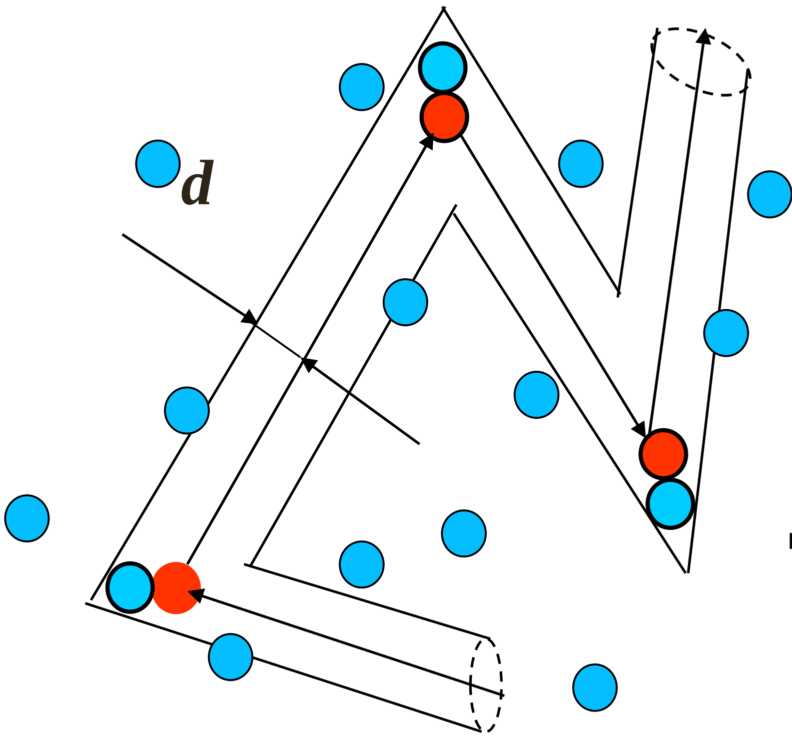
Молекулярно-кинетические характеристики

- Длина свободного пробега
- Частота соударений
- Газокинетический диаметр
- Рассеяние молекулярных пучков в газе
- Молекулярно-кинетические характеристики жидкостей и твердых тел.

Длина свободного пробега

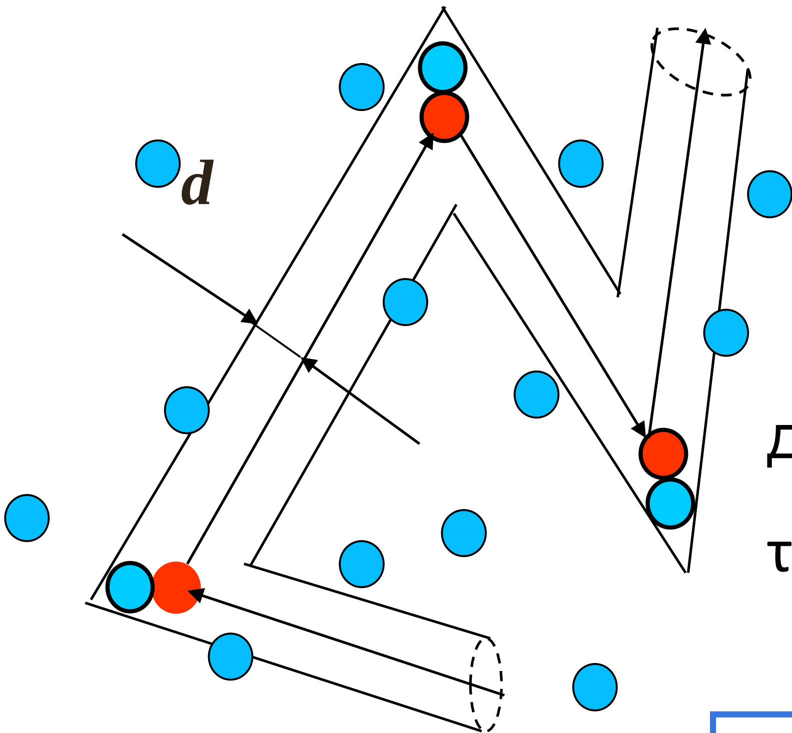


Расстояние, проходимое молекулой между двумя последовательными столкновениями называется *длиной свободного пробега*.

В кинетической теории важным параметром является **средняя длина свободного пробега** (или просто **длина свободного пробега**).

Ее вычисление наиболее просто выполнить, используя представление о частице, являющейся упругим шариком диаметром $d=2r_0$ (r_0 — радиус шарика).

Длина свободного пробега



Средняя длина свободного пробега

$$\boxed{\langle\lambda\rangle = \langle\upsilon\rangle\tau}$$

<*v*> - **Средняя скорость** теплового движения молекулы

τ - **время между столкновениями**

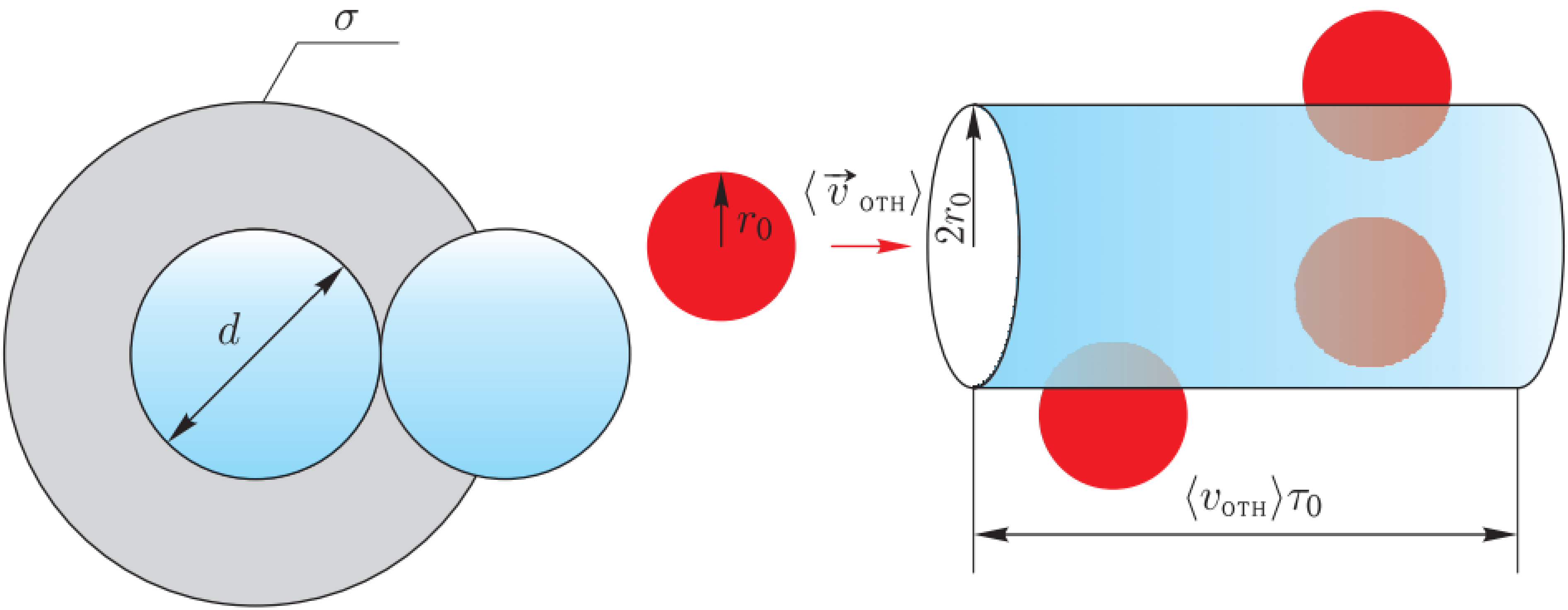
$$\boxed{\langle\upsilon_{отн}\rangle = \sqrt{2}\cdot\langle\upsilon\rangle}$$

$$\boxed{\langle\lambda\rangle = \frac{\langle\upsilon\rangle}{\langle z\rangle}}$$

$$\boxed{\langle z\rangle = \sqrt{2}\pi d^2\langle\upsilon\rangle n}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}}$$

Длина свободного пробега

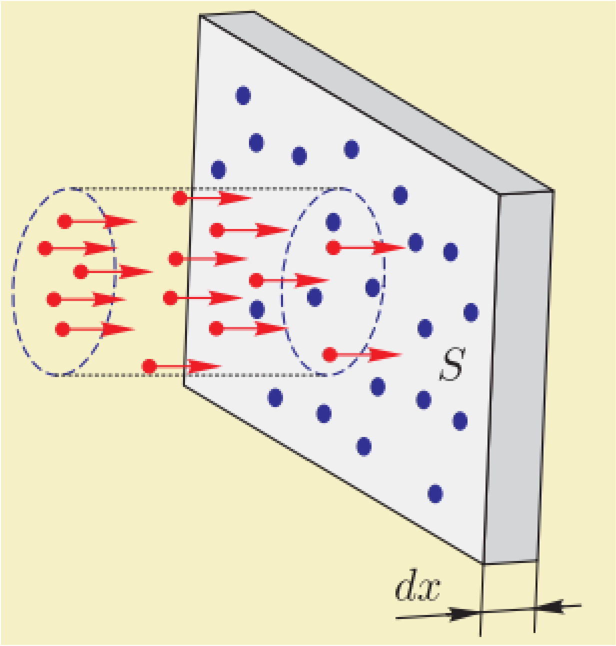


Столкновения будут только с теми молекулами, центры которых лежат внутри цилиндра радиусом d .

Если скорость частицы равна ***v***, а скорость мишени равна ***v'***, то $\boldsymbol{v}_{\text{отн}} = \boldsymbol{v} - \boldsymbol{v}'$

$$\langle \mathbf{v}^2_{\text{отн}} \rangle = \left\langle (\mathbf{v} - \mathbf{v}')^2 \right\rangle = \langle \mathbf{v}^2 \rangle - 2 \langle \mathbf{v} \cdot \mathbf{v}' \rangle + \langle \mathbf{v}'^2 \rangle = 2 \langle \mathbf{v}^2 \rangle$$

Вероятностный характер процесса столкновения

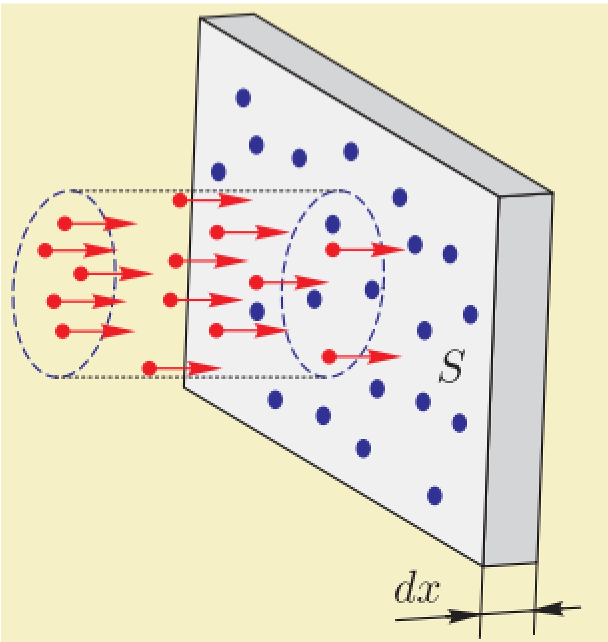


Процесс столкновения носит случайный характер: частица может пролететь самое разное расстояние между двумя ближайшими столкновениями.

Аналогично при бомбардировке вещества потоками частиц (электронами, протонами и др.) частицы могут рассеиваться.

При этом эти процессы носят случайный характер. Фундаментальной величиной процесса является ***сечение рассеяния*** *σ*, которое зависит от механизма взаимодействия бомбардирующих частиц с атомами вещества.

Вероятностный характер процесса столкновения

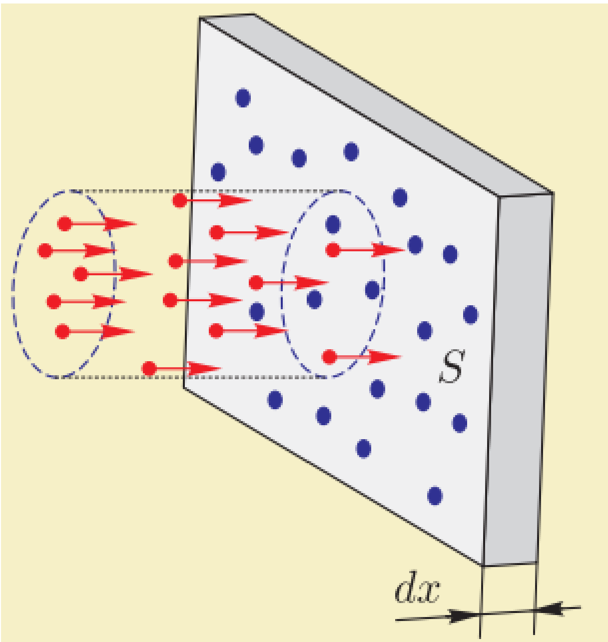


Пусть на слой рассеивающей среды площадью сечения *S* толщиной *dx*, падает поток частиц. В этом слое находится *dN=nSdx*, рассеивающих частиц среды (*n*— концентрация).

Тогда вероятность рассеяния этим слоем одной частицы равна dP=*(σ/S)dN*

$$dP = \frac{\sigma n S\, dx}{S} = \sigma n\, dx$$

Вероятностный характер процесса столкновения



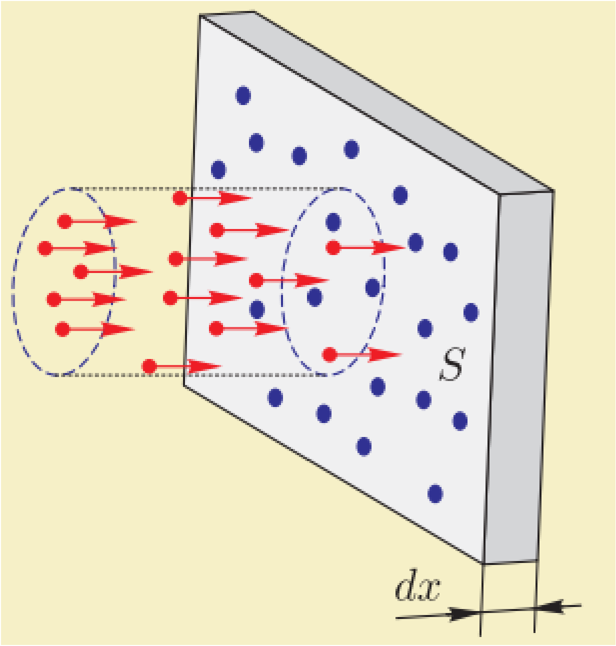
Если направить поток I_0 частиц в рассеивающую среду, то он будет постепенно ослабевать. Рассеяние в слое толщиной, приводит к уменьшению потока на величину *dI<0*. Вероятность рассеяния связана с этим изменением соотношением

$$dP = -\frac{dI}{I(x)} = \sigma n \, dx$$

$$I(x)=I_0\exp(-x/\lambda)$$

Измеряя ослабление потока при разных толщинах среды, рассчитывают длину свободного пробега, а затем и сечение рассеяния.

Вероятностный характер процесса столкновения



$$\frac{-dI}{I(x)} = \frac{-dn\ u}{I(x)} = \sigma n u\, dt$$

u - скорость частиц.

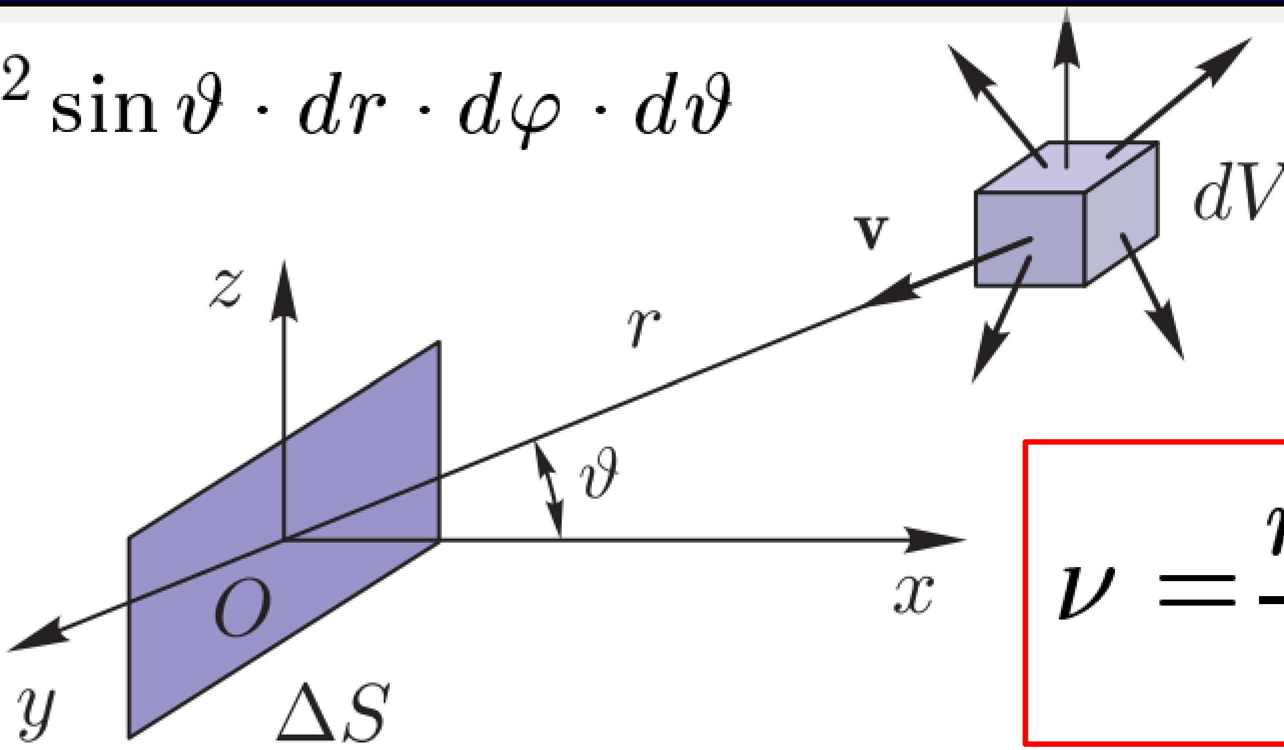
$$\sigma = \frac{1}{n}\frac{-dn'/dt}{I(x)}$$

Эффективное сечение рассеяния равно отношению числа частиц, выбывших из пучка за единицу времени при взаимодействии с одной частицей мишени, к величине потока этих частиц.

Эффективное поперечное сечение широко используется в ядерной и нейтронной физике для выражения вероятности протекания определенной ядерной реакции при столкновении двух частиц.

Столкновение частиц со стенкой сосуда

$$dV = r^2 \sin\vartheta \cdot dr \cdot d\varphi \cdot d\vartheta$$



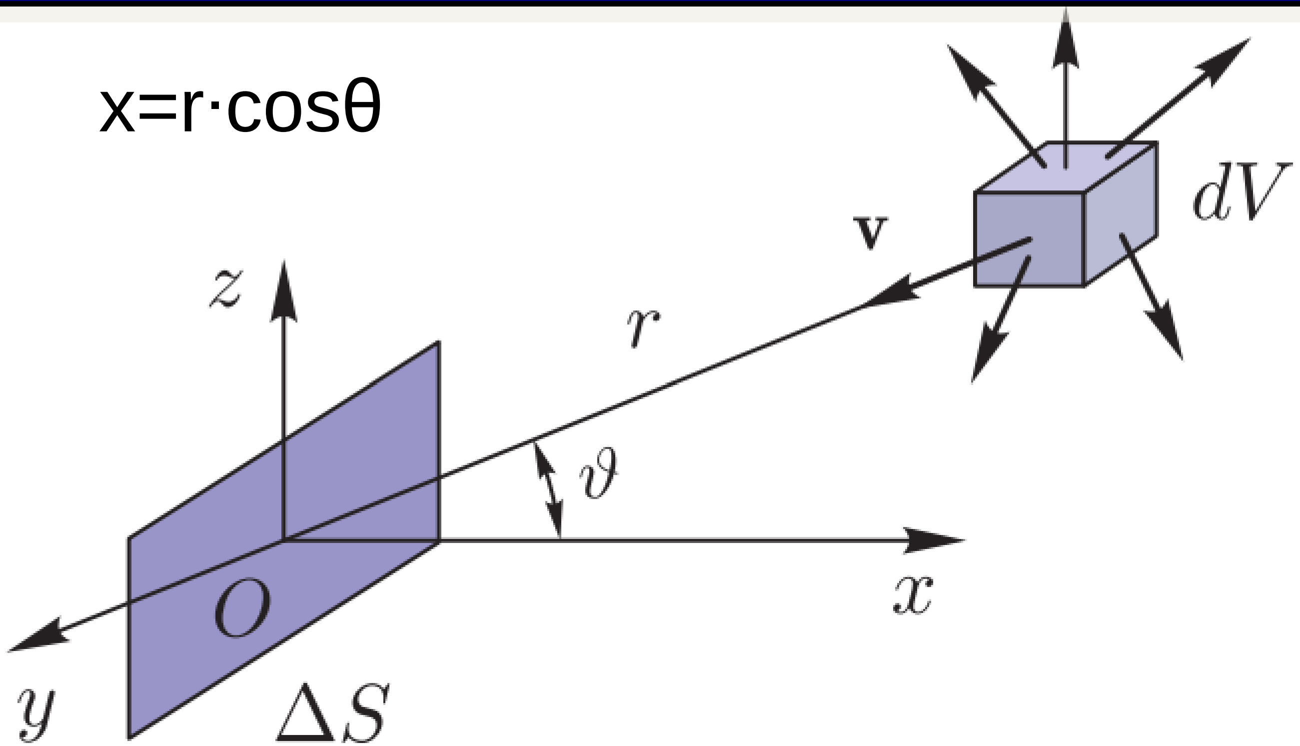
$$\nu = \frac{n_0 \langle v \rangle}{4}$$

Из объема *dV* изотропно по всем направлениям вылетают после столкновения частицы, число которых за время *Δt* равно

$$dN_0 = (\langle v \rangle / \lambda)\Delta t \cdot n \cdot dV$$

Столкновение частиц со стенкой сосуда

$x = r \cdot \cos\theta$



Вычислим среднее удаление λ_X, частиц от стенки в момент их последнего столкновения с другими частицами. Эта величина определяется интегрированием и равна $\lambda_X = 2\lambda/3$