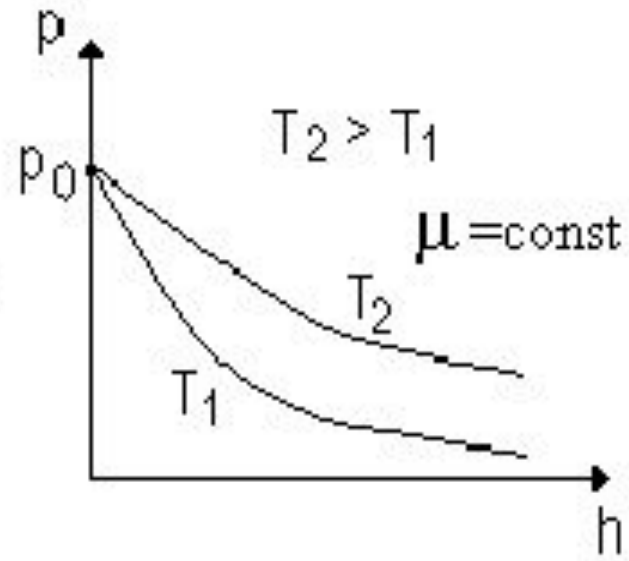
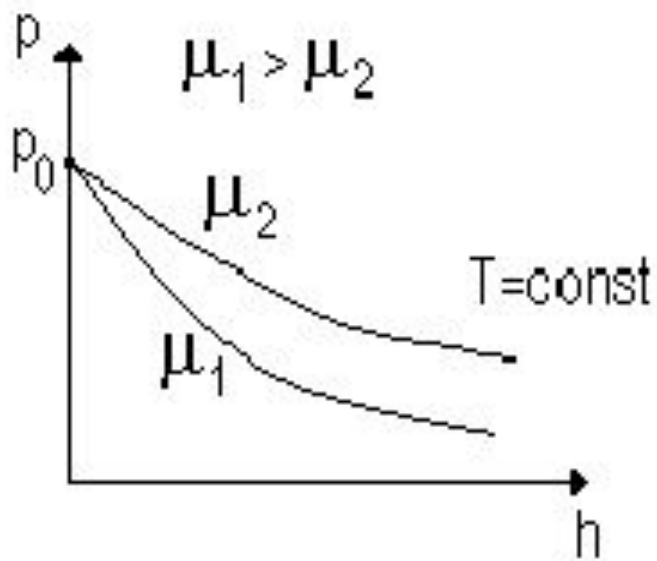


БАРОМЕТРИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА

Тяготение, с одной стороны, и тепловое движение молекул - с другой, приводят к некоторому стационарному состоянию газа, при котором *давление газа с высотой убывает.*

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$$

- барометрическая формула

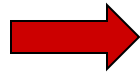


Зависимость давления от высоты

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬЦМАНА

Используя формулу $p = nkT$, можно получить закон изменения с высотой числа молекул в единице объема:

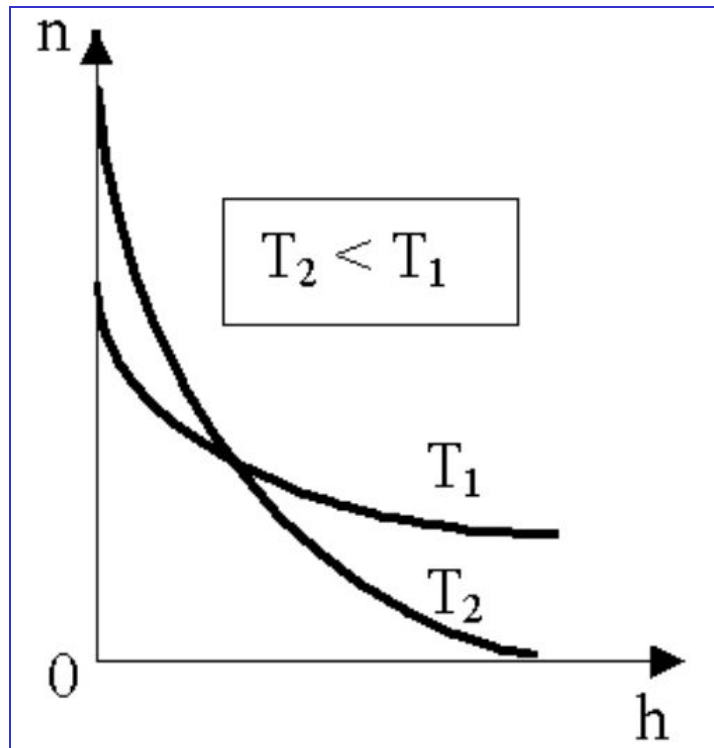
$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$$



$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{m_0 gh}{kT}}$$

$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{E_{\Pi}}{kT}}$$

где E_{Π} – потенциальная энергия частицы в точке с координатами x, y, z ; n – концентрация частиц в этой точке; n_0 – концентрация частиц в точке, где $E_{\Pi} = 0$; T — температура системы.



Зависимость концентрации молекул от высоты

Благодаря тепловому движению частицы стремятся распределиться по всему пространству равномерно. Под действием сил поля частицы стремятся расположиться там, где их потенциальная энергия минимальна.

СРЕДНЕЕ ЧИСЛО СТОЛКНОВЕНИЙ И СРЕДНЯЯ ДЛИНА СВОБОДНОГО ПРОБЕГА

Между двумя последовательными столкновениями молекулы проходят некоторый путь λ , который называется длиной свободного пробега. Т.к. длина пути между последовательными столкновениями различна, то можно говорить о средней длине свободного пробега молекул $\langle \lambda \rangle$.

Минимальное расстояние, на которое сближаются центры молекул, называется эффективным диаметром молекулы $d_{\text{эф}}$.

За 1 секунду молекула проходит путь, равный $\langle v \rangle$, и если $\langle z \rangle$ - среднее число столкновений за единицу времени, то

$$\langle \lambda \rangle = \frac{\langle v \rangle}{\langle z \rangle}$$

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2n\pi d_{\text{эф}}^2}} \quad \left. \begin{array}{l} \\ n = \frac{p}{kT} \end{array} \right\} \langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2\pi d_{\text{эф}}^2} p}$$

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА

Явлениям переноса, явления в результате которых происходит пространственный перенос энергии (теплопроводность), массы (диффузия), импульса (внутреннее трение).

Теплопроводность

Если в одной области газа температура больше чем в другой, то с течением времени вследствие постоянных столкновений молекул температура выравнивается. При этом переносится тепло из областей с большей температурой в области с меньшей температурой.

Процесс передачи энергии в форме тепла описывается **законом теплопроводности Фурье**: количество теплоты, которое переносится за единицу времени, через единичную площадку, перпендикулярную направлению переноса, прямо пропорционально проекции градиента температуры на направление быстрого возрастания температуры:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx},$$

где λ - теплопроводность. Теплопроводность равна количеству теплоты, переносимой через единичную площадку в единицу времени при температурном градиенте, равном единице.

$$\lambda = \frac{1}{3} c_v \rho \langle v \rangle \langle \lambda \rangle,$$

где c_v – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме,
 ρ - плотность газа, средняя длина свободного пробега
молекул $\langle \lambda \rangle$.

Диффузия

Диффузией газов называется процесс взаимного проникновения двух или нескольких газов, обусловленный тепловым движением или столкновением молекул.

Перенос массы вещества описывается **законом Фика'**: масса вещества, переносимая за единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению переноса, прямо пропорциональна проекции градиента плотности на направление быстрейшего возрастания плотности :

$$m = -D \frac{d\rho}{dx},$$

где D – диффузия (коэффициент диффузии). Коэффициент диффузии равен массе, переносимой через единичную площадку в единицу времени при градиенте плотности, равном единице.

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$$

Внутреннее трение (вязкость)

Внутреннее трение - процесс взаимодействия между слоями газа (жидкости), движущимися с различными скоростями. Механизм возникновения внутреннего трения заключается в том, что из-за хаотического теплового движения происходит обмен молекулами между слоями, в результате чего скорость слоя, движущегося быстрее, уменьшается, движущегося медленнее - увеличивается.

Внутреннее трение описывается **законом Ньютона**: сила внутреннего трения, действующая на единицу площади поверхности слоя, прямо пропорциональна проекции градиента скорости направленного движения на направление быстрого возрастания скорости :

$$f = -\eta \frac{dv}{dx},$$

где η - вязкость (коэффициент вязкости). Коэффициент вязкости равен силе внутреннего трения, действующей на единицу площади поверхности слоя при градиенте скорости, равном единице.

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho$$