

Вопрос 3

Модель идеального газа. Опыты Штерна по измерению скоростей молекул. Исследования статистического распределения молекул по скоростям. Распределение Максвелла.

Идеальный газ — физическая модель, включающая в себя:

- 1) молекулы газа — материальные точки
- 2) молекулы хаотично и непрерывно двигаются, причем между столкновениями скорости не меняются
- 3) столкновения носят упругий характер без потерь механической энергии
- 4) силы взаимодействия между молекулами проявляются лишь при столкновении

Движение молекул такого газа подчиняется законам Ньютона.

Молекулы идеального газа двигаются с разными по модулю и направлению скоростями. Все направления движения молекулы равновероятны, поэтому число молекул, движущихся в выбранном направлении, равно количеству движущихся в противоположном направлении. Тогда $\frac{1}{6}$ всех молекул движется по каждой оси (Ox, Oy, Oz) в одном из двух направлений.

В своей работе «Пояснения к динамической теории газов» Дж. Максвелл доказал, что молекулы газа движутся с разными скоростями, при столкновении направления и модули векторов скорости меняются, но распределение молекул по скоростям остается неизменным. Максвелл вывел **закон распределения молекул газа по скоростям**, опирающийся на основные положения МКТ.

//////ВЫВОД ФУНКЦИИ!!!!!!!!!!!!!!

Функция распределения молекул по скоростям: $f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$

Рассмотрим график этой функции. Значительное число молекул движется со скоростью близкой к $v_{н.в.}$. Эта скорость называется наиболее вероятной скоростью. Она зависит от температуры, а именно, при увеличении температуры, увеличивается наиболее вероятная скорость, что можно наблюдать на втором рисунке.

$$f(v)' = 4\pi \cdot \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{1,5} \cdot \exp\left(-\frac{m_0 v^2}{2kT} \right) \left(2v + v^2 \left(\frac{-2m_0 v}{2kT} \right) \right) = 0$$

Найдем $v_{н.в.}$:

$$2 \cdot v \neq 0; \exp\left(-\frac{m_0 v^2}{2kT} \right) \neq 0; \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{1,5} \neq 0 \Rightarrow 1 - \frac{m_0 v^2}{2kT} = 0$$

$$v_{н.в.} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$$

Прямые измерения скоростей молекул были выполнены в 1920 году Отто Штерном.

Вокруг проволоки расположены 2 коаксиальных цилиндра: радиусом R_A с узкой щелью и радиусом R_B . Серебро испарялось в вакууме с поверхности платиновой проволоки, нагреваемой электрическим током. Атомы Ag, пролетевшие сквозь щель первого цилиндра, оседают на стенке второго и образуют узкую полоску около точки M_0 . При вращении цилиндра атомы Ag попадали на стенку внешнего цилиндра в новое место

M . Вычислим скорость движения атомов серебра: за время, равное отношению расстояния и скорости $\left(t = \frac{R_B - R_A}{v} \right)$, цилиндр повернется на угол $\phi = \omega t$.

При этом полоска серебра сместится на длину дуги $(M M_0) = R_B \phi = R_B \omega t = \frac{R_B(R_B - R_A)}{v}$.

Измерив длину дуги (l), можем выразить скорость: $v = \frac{R_B \omega (R_B - R_A)}{l}$

Можем сделать вывод, что смещение будет больше у тех атомов, у которых скорость меньше. То есть молекулы имеют различные скорости. По количеству осевшего серебра можно определить относительное количество атомов с данной скоростью.

Опыт Штерна хорошо согласовывается с распределением молекул по скоростям Максвелла.

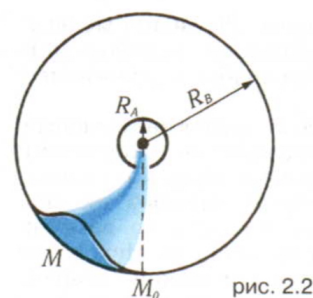
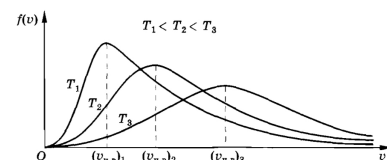
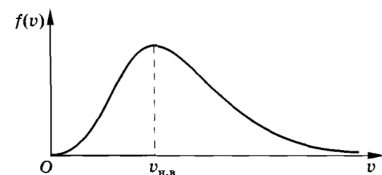


рис. 2.2