ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ. ТЕМПЕРАТУРА. УРАВНЕНИЕ МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАПЕЙРОНА

В природе идеального газа не существует.

В 1857г. немецкий физик Р. Клаузиус, используя модель идеального газа, впервые систематически изложил кинетическую теорию газов. Он ввел понятие о средних величинах, длине свободного пробега молекул, вычислил давление газа на стенке сосуда и среднюю длину пути между двумя столкновениями молекул.

Идеальным Клаузиус назвал газ, удовлетворяющий следующим условиям:

1. *Объемом всех молекул газа можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором этот газ находится.*
2. *Время столкновения молекул друг с другом пренебрежимо мало по сравнению со временем между двумя столкновениями (т.е. времени свободного пробега молекул).*
3. *Молекулы взаимодействуют между собой только при непосредственном соприкосновении, при этом они отталкиваются.*
4. *Силы притяжения между молекулами идеального газа малы и ими можно пренебречь.*

Исходя из этих положений, Клаузиус смог вывести все свойства идеального газа и установить соотношения между его микроскопическими и макроскопическими параметрами.

Микроскопические параметры это индивидуальные характеристики газа. К ним относятся:

-*масса молекулы*
-*ее скорость*
-*импульс*
-*кинетическая энергия поступательного движения.*

Макроскопические параметры это параметры газа как физического тела. К ним относятся:

-*температура газа*
-*объем газа*
-*давление газа.*

Основное уравнение МКТ газов

Рассмотрим газ в сосуде, одна из стенок которого представляет собой поршень, способный перемещаться без трения. Вычислим давление газа на поршень, имеющий площадь S. Поверхность поршня расположена перпендикулярно оси OX. Давление газа возникает в результате столкновений молекул с поршнем.

1. при столкновении молекулы со стенкой сосуда проекция V_x изменяет свой знак, но считается постоянной по модулю, поэтому изменяется и импульс молекулы

$$\text{от } m_0V_{1x} = -m_0V_x$$

$$\text{до } m_0V_{2x} = m_0V_x$$

Изменение импульса молекулы показывает, что на нее действует сила $\vec{F}$

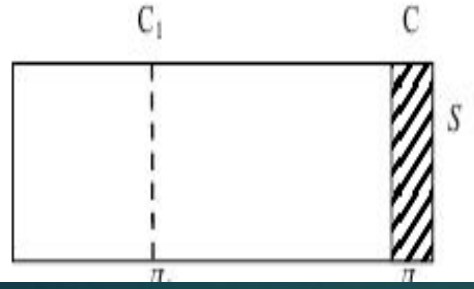
Изменение импульса молекулы равно импульсу силы

$$F\Delta t = m_0V_{2x} - m_0V_{1x} = m_0V_x - (-mV_x) = 2m_0V_x$$

2. За время t все молекулы Z изменят свое направление, т.е.

$$F\Delta t = Z2m_0V_x$$

3. Рассчитаем это число молекул



$l = C_1C = V_x\Delta t$ - путь молекулы

$V = C_1CД_1Д = V_x\Delta tS$ – объем

$N = nV_x\Delta tS$ – число молекул в объеме

$(n = \frac{N}{V}$ – концентрация)

Из этого числа молекул к стенке движется только половина, т.к. по любому направлению движутся в среднем равные количества, значит, за время t со стенкой взаимодействуют

$$Z = \frac{1}{2}nV_x\Delta tS$$

тогда

$$F\Delta t = \frac{1}{2}nV_x\Delta tS2m_0V_x$$

отсюда

$$F = nm_0V_x^2S$$

4. Рассчитаем давление на стенки сосуда

$$p = \frac{F}{S} = \frac{nm_0V_x^2S}{S} = nm_0V_x^2$$

Скорости всех молекул различны, для учета этого нужно взять среднее по всем направлениям значение квадрата скорости $\bar{V}_x^2$ вместо V_x^2, тогда

$p = nm_0V_x^2$, *но* $\bar{V}_x^2 = \frac{1}{3}\bar{V}^2$, *тогда*

$$\boxed{p = \frac{1}{3}nm_0\bar{V}^2}$$

Эта формула носит название ***основного уравнения МКТ.***

ТЕМПЕРАТУРА

- величина, характеризующая состояние теплового равновесия.

1.Измерение температуры

-необходимо привести тело в тепловой контакт с термометром;
-термометр должен иметь массу значительно меньше массы тела;
- показания термометра следует отсчитывать после наступления теплового равновесия.

2.Термометры

а.жидкостный (тепловое равновесие)

100^0C – кипящая вода

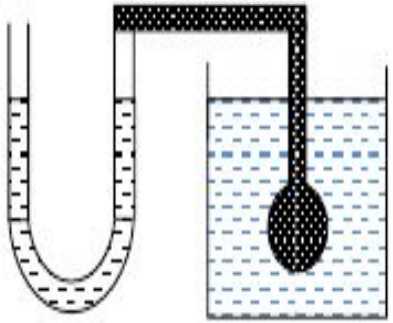
50^0C – недостаток !

0^0C - тающий лед

РАБОЧЕЕ ТЕЛО:

- ртуть от (- 38^0C до 356^0C)
- спирт от (- 114^0C до 78^0C)
- глицерин от (- 50^0C до 2300^0C)

б.газовый (изменение давления газа)



$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

РАБОЧЕЕ ТЕЛО:

- водород
- гелий
- кислород

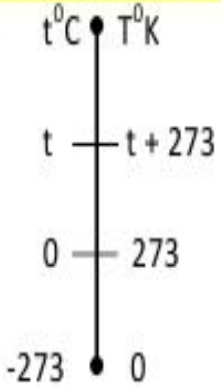
расширяются

одинаково

3.Абсолютная шкала температур (в Международной системе единиц)

При **T = 0** - $E_к$ поступательного движения молекул равна нулю

Абсолютный нуль – достичь невозможно! **T –[K]** –Кельвин (Томсон); $\Delta T = \Delta t$



$$\frac{T_к}{T_{пл}} = \frac{P_к}{P_{пл}}$$

$$\frac{T_{пл} + 100}{T_{пл}} = 1{,}3661 \text{ – экспериментально}$$

$T_{пл.} = 273^0K$

ТЕМПЕРАТУРА

1.Физический смысл температуры

$$p \sim n;\ p \sim T;\ \boldsymbol{p \sim nT};\ p = knT; \quad p = \frac{2}{3} n\bar{E}; \quad \Rightarrow \ knT = \frac{2}{3} n\bar{E}$$

$$\boxed{T = \frac{2}{3}\frac{1}{k}\bar{E}}$$

Температурой *называют скалярную величину,характеризующую интенсивность теплового движения молекул изолированной системы в условиях теплового равновесия, пропорциональную средней кинетической энергии поступательного движения молекул.*

2.Постоянная Больцмана (экспериментально)

$$p = knT = k\frac{N}{V}T;\ k = \frac{pV/N}{T};\ \frac{\boldsymbol{pV}}{\boldsymbol{N}} = \boldsymbol{kT} = \boldsymbol{const}$$

$$\frac{p_2V_2}{N_2} = 5{,}14 * 10^{-21}\text{Дж} - \text{при } 100°\text{C};\ \frac{p_1V_1}{N_1} = 3{,}76 * 10^{-21}\text{Дж} - \text{при } 0°\text{C};$$

Разность равна 1,36*10^{-21} Дж

$$\boxed{k = \frac{1{,}36 * 10^{-21}\text{Дж}}{100\text{K}} = 1{,}36 * 10^{-23}\ \frac{\text{Дж}}{\text{K}}}$$

3.Скорость молекул газа.

$$\bar{E} = \frac{3}{2}kT;$$

$$\bar{E} = \frac{m_0\bar{V}^2}{2};$$

$$\boxed{\bar{V} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}}$$

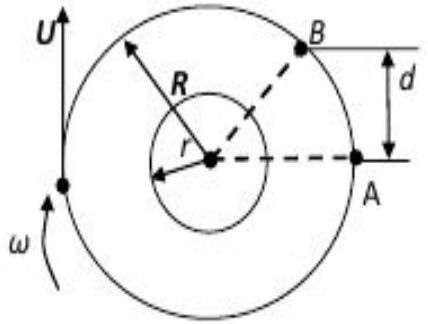
- средняя квадратичная скорость («три кота на мясо»)

$V_{водорода}$ = 1800 м/с

$V_{азота}$ = 500 м/с

Физики XIX в. – ***ошеломлены!***

4.Опыт Штерна *(1920г.)*



$$d = U * t = \omega * R * t$$

$$t = \frac{d}{\omega R};\ V = (R - r)t$$

$$\boxed{V = \frac{\omega R(R - r)}{d}}$$

$$V_{серебра} \approx 650\ м/с$$

Слой серебра в т.В размытый, т.к. скорости молекул различны

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

*- уравнение, связывающее **P, V, T** и характеризующее состояние данной системы газа.*

$$P = nkT = \frac{N}{V}kT; \quad \frac{PV}{T} = Nk = const;$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

- ***уравнение Клапейрона*** *(1834г.)*
(для m =const)

$$N = \frac{m}{M}N_A; \quad \frac{PV}{T} = \frac{m}{M}kN_A;$$

$$R = 8,31 \ \frac{\text{Дж}}{\text{моль} * \text{К}}$$

- универсальная газовая постоянная

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

- ***уравнение Клапейрона-Менделеева*** *(1874г.)*
(для произвольной массы газа)

Нормальные условия

$$p_{н.у.} = 10^5 \text{ Па}$$
$$T_{н.у.} = 273 \text{ К}$$
$$V_0 = 22,4 * 10^{-3} \text{ м}^3 - 1 \text{ моль}$$

Закон Авогадро. Из формулы $p = nkT$ следует, что *при одинаковых давлениях и температурах концентрация молекул у всех газов одона и та же.*

$$p = p_1 + p_2 \ldots + p_n$$ **- закон Дальтона**

давление смеси газов равно сумме давлений, производимых каждым газом в отдельности, если бы он один занимал весь сосуд