


# **8.1. Основное уравнение МКТ**

8.1.1. Среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул разреженного газа уменьшили в 2 раза и концентрацию молекул газа уменьшили в 2 раза. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Давление разреженного газа пропорционально произведению концентрации молекул газа и средней кинетической энергии теплового движения, например, для одноатомного газа:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}.$$


Следовательно, при одновременном уменьшении средней кинетической энергии теплового движения в два раза и концентрации молекул в два раза давление разреженного газа уменьшится в 4 раза.



Ответ: 0,25.

8.1.2. При неизменной концентрации молекул идеального газа средняя квадратичная скорость теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Во сколько раз изменилось давление газа?

Давление идеального газа пропорционально произведению концентрации молекул газа и квадрата средней квадратичной скорости их теплового движения:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}.$$

$$p = \frac{1}{3} n m \overline{v^2}$$

При неизменной концентрации и увеличении средней квадратичной скорости теплового движения в 4 раза давление газа увеличится в 16 раз.

**Ответ: 16.**

8.1.3. Среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул разреженного газа уменьшили в 2 раза и концентрацию молекул газа уменьшили в 2 раза. Чему равно отношение конечного давления к начальному?

Давление газа пропорционально произведению его концентрации и средней кинетической энергии теплового движения:

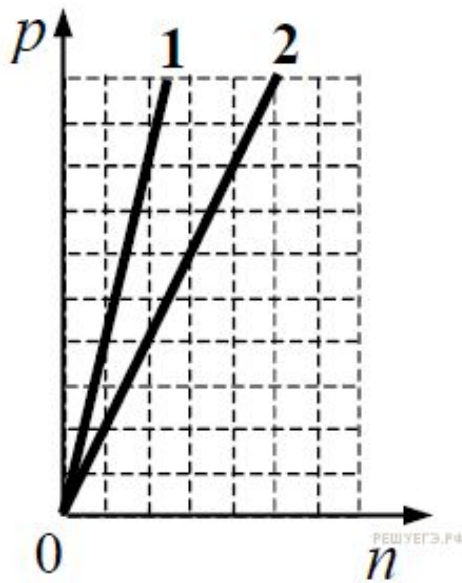
$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}.$$

Поскольку молекула кислорода в 16 раз тяжелее молекулы водорода, а по условию, среднеквадратичные скорости газов совпадают, средние энергии теплового движения у газов отличаются в 16 раз.

$$\bar{E} = \frac{mv_{\text{ср.кв.}}^2}{2}.$$

$$p_{\text{К}} / p_{\text{В}} = 16.$$

Ответ: 16.



8.1.4. На графике показана зависимость давления от концентрации для двух идеальных газов при фиксированных температурах. Чему равно отношение температур этих газов?

$$\frac{T_2}{T_1}$$

Согласно уравнению идеального газа, давление идеального газа связано с концентрацией его молекул и температурой соотношением:

$$\rightarrow p = nkT.$$

Таким образом, температура газа пропорциональна отношению его давления к концентрации: приобретает вид:

Из графика  $\rightarrow \frac{p}{n} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{\left(\frac{p}{n}\right)_2}{\left(\frac{p}{n}\right)_1} = \frac{1}{2}.$   $T = \frac{1}{k} \cdot \frac{p}{n}.$

**Ответ: 0,5.**



8.1.5. При неизменной плотности одноатомного идеального газа давление этого газа увеличивают в 4 раза. Во сколько раз изменится при этом среднеквадратичная скорость движения его атомов?

Давление идеального газа можно найти по формуле

$$p = \frac{2}{3} n E_{\text{кин.среднее}} \cdot$$

n-концентрация равна

$$n = \frac{1}{V} = \frac{\rho}{m}$$

Следовательно, концентрация, также как и плотность газа, остаётся постоянной.

$$E_{\text{кин.среднее}} = \frac{m_{\text{ат}} \langle v^2 \rangle}{2},$$

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m_{\text{ат}} \langle v^2 \rangle}{2} \Leftrightarrow \langle v^2 \rangle = \frac{3p}{n \cdot m_{\text{ат}}}$$

Ответ: 2.

$$v_{\text{КВ}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3p}{n \cdot m_{\text{ат}}}}$$

Следовательно, при увеличении давления в 4 раза сред.кв. скорость движения атомов газа возрастёт в 2 раза

8.1.6. При неизменном давлении одноатомного идеального газа среднеквадратичная скорость движения его атомов увеличилась в 2 раза. Чему равно отношение конечной плотности газа к начальной?

Концентрация равна ↓

$$p = \frac{2}{3} n E_{\text{кин. ср.}}$$

$$E_{\text{кин. ср.}} = \frac{m_{\text{ат}} \langle v^2 \rangle}{2}$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N \rho}{m} = \frac{\rho}{m_{\text{ат}}}$$

$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{m_{\text{ат}}} \cdot \frac{m_{\text{ат}} \langle v^2 \rangle}{2} \Leftrightarrow \rho = \frac{3p}{\langle v^2 \rangle}$$

Среднеквадратичная скорость движения атомов равна корню из среднего квадрата скорости атомов

$$v_{\text{КВ}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$$

**Ответ: 0,25.**

Следовательно, при увеличении среднеквадратичной скорости движения атомов в 2 раза плотность газа уменьшается в 4 раз.

8.1.7. При построении температурной шкалы Реомюра принимается, что при нормальном атмосферном давлении лёд тает при температуре 0 градусов Реомюра ( $^{\circ}\text{R}$ ), а вода кипит при температуре 80  $^{\circ}\text{R}$ . Найдите, чему равна средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения частицы идеального газа при температуре 91  $^{\circ}\text{R}$ . Ответ выразите в эВ и округлите до сотых долей.

Из описания следует, что один градус шкалы Реомюра соответствует  $\frac{100}{80} = 1,25$   $^{\circ}\text{C}$ .

Средняя кинетическая энергия теплового движения частиц идеального газа связана с температурой соотношением.

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT = 1,5 \cdot 8,62 \cdot 10^{-5} \text{ эВ/К} \cdot 386,75 \text{ К} \approx 0,05 \text{ эВ.}$$

Следовательно  $91$   $^{\circ}\text{R}$

$$100 + 11 \cdot 1,25 = 113,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$113,75 + 273 = 386,75 \text{ К}$$

**Ответ: 0,05.**



8.1.8. В закрытом сосуде находится идеальный газ при давлении 105750 Па и температуре, соответствующей среднеквадратичной скорости теплового хаотического движения молекул 494 м/с. Чему равна плотность этого газа? Ответ выразите в кг/м<sup>3</sup> и округлите до десятых долей.

$$\bar{E} = \frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2}kT, \quad \rightarrow \quad \bar{v} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}},$$

Согласно уравнению состояния идеального газа давление связано с температурой газа

$$\rightarrow p = nkT \rightarrow \bar{v} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3p}{mn}}.$$

Учитывая то, что плотность газа — это произведение массы одной молекулы на концентрацию газа, получим

$$\rho = mn = \frac{3p}{\bar{v}^2} \approx 1,3 \text{ кг/м}^3.$$

**Ответ: 1,3.**