

# ЗАДАНИЯ №7

# !!!!!!Важно!!!!!!

Что нужно знать	Что нужно уметь
<p>Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ) (стр. 174)</p>	<p>Использовать основное уравнение МКТ для расчёта физических величин</p> $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\epsilon_{\text{пост}}}$
<p>Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц (стр. 174)</p>	<p>Использовать формулу</p> $\overline{\epsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$ <p>для расчёта физических величин</p>
<p>Уравнение <math>p = nkT</math> (стр. 175)</p>	<p>Использовать уравнение <math>p = nkT</math> для расчёта физических величин</p>
<p>Уравнение Менделеева — Клапейрона (стр. 175)</p>	<p>Использовать уравнение Менделеева — Клапейрона для расчёта параметров газа в изопроцессах. Анализировать <math>pV</math>-, <math>VT</math>-, <math>pT</math>-диаграммы</p>

# Примеры заданий и варианты их решения

№	Задание
Задание № 1	<p>В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом концентрация молекул газа в сосуде?</p>
Возможное решение и ответ к заданию № 1	<p>В соответствии с уравнением <math>p = \frac{2}{3} n \overline{\epsilon_{\text{пер}}}</math>, чтобы давление снизилось в 5 раз, произведение концентрации и средней кинетической энергии также должно уменьшиться в 5 раз. Так как энергия уменьшилась в 2 раза, то концентрация должна уменьшиться в 2,5 раза.</p> <p>Ответ: в 2,5 раза</p>

№	Задание
Задание № 2	<p>При понижении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Начальная температура газа 600 К. Какова конечная температура газа?</p>
Возможное решение и ответ к заданию № 2	<p>Средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения частиц <math>\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{3}{2} kT</math>.</p> <p>Так как эта энергия прямо пропорциональна абсолютной температуре, то при уменьшении средней кинетической энергии в 3 раза температура газа также уменьшится в 3 раза. Так как начальная температура была равна 600 К, то конечная будет равна 200 К.</p> <p>Ответ: 200 К</p>

Задание № 3

Концентрацию молекул идеального одноатомного газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза уменьшили абсолютную температуру газа. Во сколько раз в результате этого понизилось давление газа в сосуде?

Возможное решение  
и ответ к заданию № 3

Так как  $p = nkT$ , то при уменьшении концентрации в 5 раз, а абсолютной температуры в 2 раза давление уменьшилось в 10 раз.

Ответ: в 10 раз

## Задание № 4

Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  равен 20 л. Каков объём 3 моль водорода при том же давлении и вдвое большей температуре?

Возможное решение  
и ответ к заданию № 4

В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона ( $pV = \nu RT$ ) для первого случая

$$p_0 V_1 = \nu_1 R T_0;$$

для второго случая

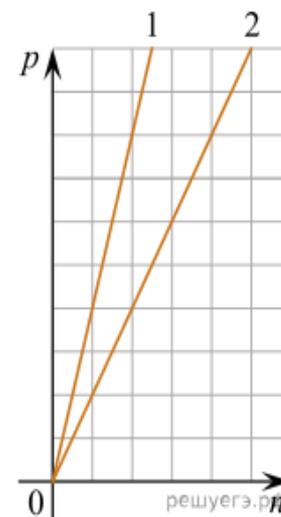
$$p_0 V_2 = \nu_2 R \cdot 2T_0.$$

Отсюда  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{2\nu_2}$ . Следовательно,  $\frac{20}{V_2} = \frac{1}{6}$ ,  $V_2 = 120$  л.

Ответ: 120 л

13. Тип 7 № 8670 

На графике показана зависимость давления от концентрации для двух идеальных газов при фиксированных температурах. Чему равно отношение температур  $\frac{T_2}{T_1}$  этих газов?



**Решение.** Согласно уравнению идеального газа, давление идеального газа связано с концентрацией его молекул и температурой соотношением:  $p = nkT$ . Таким образом, температура газа пропорциональна отношению его давления к концентрации:  $T = \frac{1}{k} \cdot \frac{p}{n}$ . Из графика видно, что для первого идеального газа величина  $\frac{p}{n}$  в 2 раза больше, чем для второго, а значит,

отношение температур этих газов равно  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{(\frac{p}{n})_2}{(\frac{p}{n})_1} = \frac{1}{2}$ .

Ответ: 0,5.

24. Тип 7 № 9735 *i*

При построении температурной шкалы Реомюра принимается, что при нормальном атмосферном давлении лед 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 электрон-вольтах и округлите до сотых долей.

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

Соответственно, 91  $^{\circ}\text{R}$  — это  $100 + 11 \cdot 1,25 = 113,75$   $^{\circ}\text{C}$  или  $113,75 + 273 = 386,75$  К.

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

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT = 1,5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 386,75 \text{ К} \approx 8 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \approx 0,05 \text{ эВ.}$$

Ответ: 0,05.

**17. Тип 7 № 8674 i**

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

**Решение.** Давление идеального газа можно найти по формуле  $p = \frac{2}{3}nE_{\text{кин.среднее}}$ . Концентрация равна  $n = \frac{N}{V} = \frac{\rho N}{m}$ , где  $m$  — масса всего газа. Следовательно, концентрация, так же как и плотность газа, остается постоянной. Средняя кинетическая энергия атомов газа  $E_{\text{кин.среднее}} = \frac{m_{\text{ат}}\langle v^2 \rangle}{2}$ , где  $m_{\text{ат}}$  — масса атомов газа. Подставим выражение для  $E_{\text{кин.среднее}}$  в уравнение для  $p$  и выразим квадрат средней скорости:

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

Среднеквадратичная скорость движения атомов равна корню из среднего квадрата скорости атомов  $v_{\text{кв}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3p}{n \cdot m_{\text{ат}}}}$ . Следовательно, при увеличении давления в 4 раза среднеквадратичная скорость движения атомов газа возрастет в 2 раза.

Ответ: 2.

# Задачи для самостоятельного решения

**25. Тип 7 № 10180** *i*

Идеальный газ находится в закрытом сосуде при нормальном атмосферном давлении. При неизменной концентрации молекул средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул уменьшается на 2%. Определите конечное давление газа. Ответ выразите в килопаскалях.

**Решение.** Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа прямо пропорциональна абсолютной температуре:

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

Следовательно, при уменьшении средней кинетической энергии на 2% происходит уменьшение температуры газа на 2%.

Основное уравнение МКТ связывает макроскопические параметры (давление, объем, температура) термодинамической системы с микроскопическими (масса молекул, средняя скорость их движения)  $p = nkT$ , где  $n$  — концентрация молекул газа. Поскольку температура уменьшается на 2%, то и давление уменьшится на 2%. Отсюда:

$$p_2 = 0,98p_1 = 0.98 \cdot 100 \text{ кПа} = 98 \text{ кПа}.$$

Ответ: 98.





