

## Задание №7

### Молекулярная физика

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 для одноатомного газа:  $p = \frac{2}{3} nE$

При одновременного уменьшении  $E$  в 2 раза и концентрации  $n$  в 2 раза.

Давление уменьшится в 4 раза.

Ответ: 0,25

2. Давление идеального газа при постоянной концентрации увеличилось в 2 раза. Во сколько раз изменилась его абсолютная температура?

Давление идеального газа:  $p = nkT$

При увеличении давления в 2 раза приведет к увеличению температуры в 2 раза.

Ответ: 2

3. Чему равно соотношение давлений в сосудах с кислородом и водородом  $p_K/p_B$  если концентрации газов и среднеквадратичные скорости одинаковы?

Давление для одноатомного газа:  $p = \frac{2}{3} nE$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Так как молекула кислорода в 16 раз тяжелее молекулы водорода, а по условию, скорости газов совпадают, энергии газов отличаются в 16 раз.

Отсюда:  $\frac{p_K}{p_B} = 16$

Ответ: 16

4. 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?

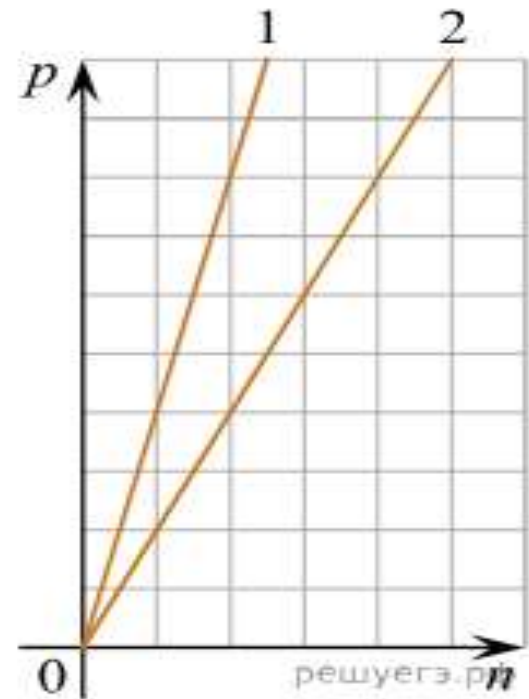
Давление идеального газа:  $p = nkT$

Отсюда:  $T = \frac{p}{kn}$

Из графика: для первого идеального газа величина  $p/n$  в 2 раза больше, чем для второго.

Значит:  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{2}$

Ответ: 0,5



5. 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 электрон-вольтах и округлите до сотых долей.

1 градус шкалы Реомюра соответствует  $100/80 = 1,25$   $^{\circ}\text{C}$

Отсюда:  $91^{\circ}\text{R} = 100 + 11 * 1,25 = 113,75^{\circ}\text{C}$

$T = 113,75 + 273 = 386,75$  К

Средняя кинетическая энергия:

$$E = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} * 1,38 * 10^{-23} * 386,75 = 8 * 10^{-21} \text{ Дж} \approx 0,05 \text{ эВ}$$

Ответ: 0,05

6. 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.

Средняя кинетическая энергия:  $E = \frac{3}{2}kT$

При уменьшении энергии на 2% происходит уменьшении температуры на 2%.

Давление:  $p = nkT$

Так как уменьшается температура на 2%, то и давление уменьшается на 2%

$$p_2 = 0,98p_1 = 0,98 * 100 \text{ кПа} = 98 \text{ кПа}$$

Ответ: 98

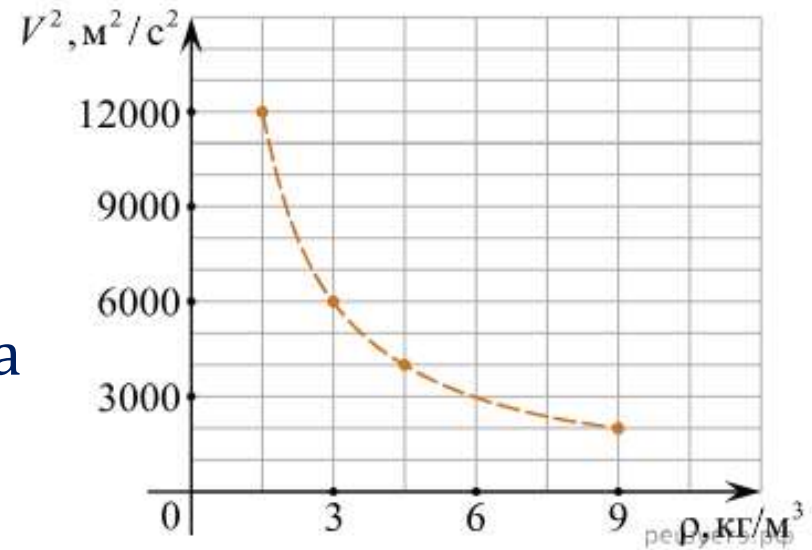
7. На рисунке изображён график зависимости среднего значения квадрата скорости молекул идеального газа от плотности этого газа в изобарном процессе. Определите давление газа в сосуде. *Ответ дайте в кПа.*

$$\text{Давление: } p = \frac{1}{3} n m_0 v^2$$

$$\text{Так как } n = \frac{N}{V}, \quad m_0 = \frac{m}{N}$$

$$\text{Отсюда: } p = \frac{1}{3} \rho v^2 = \frac{9 \cdot 2000}{3} = 6 \text{ кПа}$$

Ответ: 6



8. В сосуде находится идеальный одноатомный газ. Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения одной молекулы этого газа равна 40 мЭВ, концентрация молекул равна  $2,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ . Чему равно давление газа? *Ответ запишите в паскалях.*

$$40 \text{ мЭВ} = 40 * 10^{-3} * 1,6 * 10^{-19} = 6,4 * 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$\text{Давление газа: } p = \frac{2}{3} nE = 102400 \text{ Па}$$

Ответ: 102400



9. Если при сжатии объём идеального газа уменьшился в 2 раза, а давление газа увеличилось в 2 раза, то во сколько раз изменилась при этом абсолютная температура газа?

Уравнение Клапейрона-Менделеева:  $pV = \nu RT$

При уменьшении объёма в 2 раза и увеличении его давления в 2 раза, температура не изменится.

Ответ: 1

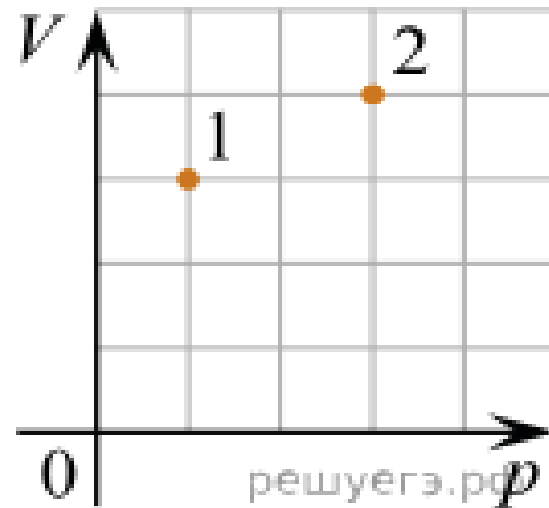
10. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Во сколько раз изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.)?

Уравнение Клапейрона-Менделеева:  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$

Из диаграммы:  $p_2 = 3p_1$      $V_2 = \frac{4}{3}V_1$

Отсюда:  $T_2 = T_1 \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4T_1$

Ответ: 4



11. В баллоне объёмом  $1,66 \text{ м}^3$  находится  $2 \text{ кг}$  молекулярного кислорода при давлении  $10^5 \text{ Па}$ . Какова температура кислорода? Ответ выразите в кельвинах и округлите до целых.

Уравнение Клапейрона-Менделеева:

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

Для кислорода:  $M = 0,032 \text{ кг/моль}$

Отсюда:  $T = \frac{pVM}{mR} \approx 320 \text{ K}$

Ответ: 320

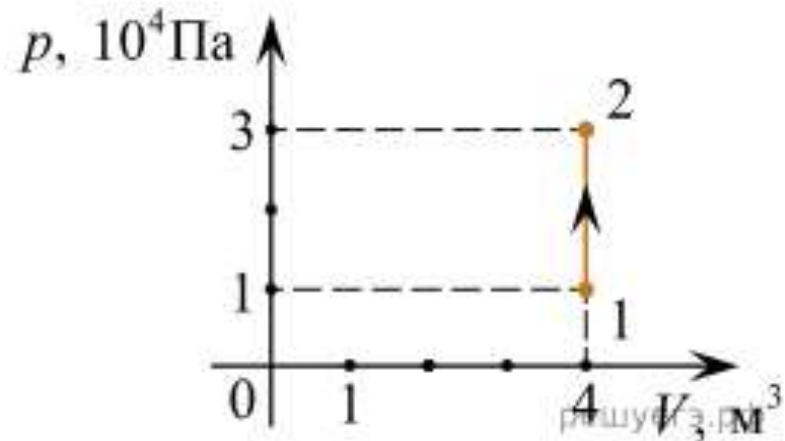
12. На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна  $27^\circ\text{C}$ . Какая температура соответствует состоянию 2? Ответ выразите в Кельвинах.

Из графика: изохорный процесс

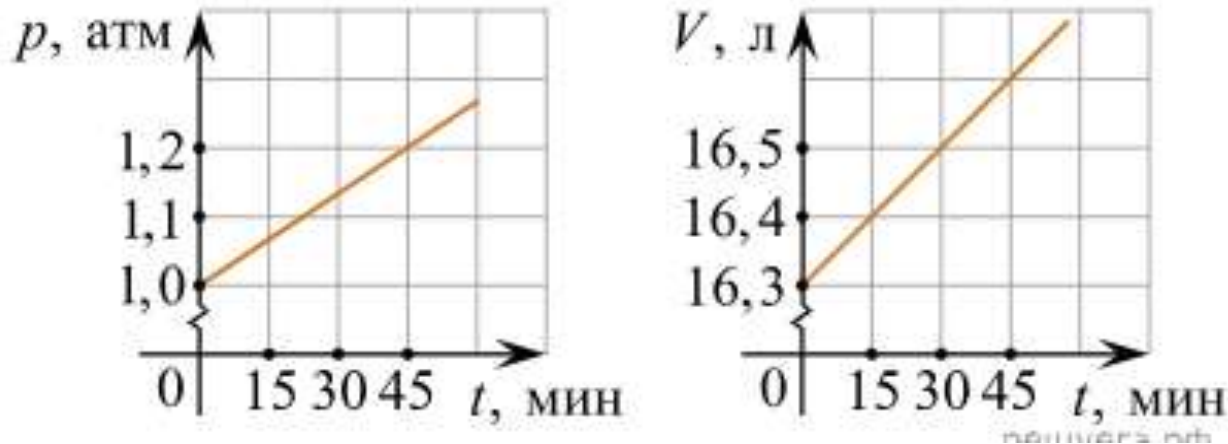
По закону Шарля:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

Отсюда:  $T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1} = 900 \text{ K}$

Ответ: 900



13. На графиках приведены зависимости давления  $p$  и объёма  $V$  от времени  $t$  для 0,4 молей идеального газа. Чему равна температура газа в момент  $t = 45$  минут? Ответ выразите в градусах Кельвина с точностью до 10 К.



По графикам в момент времени 45 минут:

$$p = 1,2 \text{ атм}, V = 16,6 \text{ л}$$

Уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \nu RT$$

$$\text{Отсюда: } T = \frac{pV}{\nu R} = 600 \text{ К}$$

Ответ: 600

14. В резиновой оболочке содержится идеальный газ, занимающий объём 16,62 л при температуре 400 К и давлении 200 кПа. Из оболочки выпустили некоторое количество газа и охладили её содержимое. В результате занимаемый газом объём уменьшился в 4 раза, давление выросло на 50%, а абсолютная температура упала до 250 К. На сколько уменьшилось количество газа в молях внутри оболочки?

Уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \nu RT$$

В начальный момент времени:

$$\nu_1 = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = 1 \text{ моль}$$

После того как газ выпустили, в оболочке осталось:

$$\nu_2 = \frac{p_2 V_2}{RT_1} = 0,6 \text{ моль}$$

Отсюда:  $1 - 0,6 = 0,4$  моля – уменьшилось

Ответ: 0,4

15. В сосуде объёмом 8,31 л находится 0,35 моль идеального газа при давлении 100 кПа. Газ сначала изотермически расширяют в 2 раза, а затем изохорически нагревают на 120 К. Чему равно давление газа в конечном состоянии? *Ответ выразите в килопаскалях и округлите до целого числа.*

Уравнение Клапейрона-Менделеева для каждого состояния газа:

$$\begin{aligned}p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\2p_2 V_1 &= \nu R T_1 \\2p_3 V_1 &= \nu R (T_1 + \Delta T)\end{aligned}$$

$$\text{Отсюда: } p_3 = \frac{p_1}{2} \left( 1 + \frac{\nu R \Delta T}{p_1 V_1} \right) = 71 \text{ кПа}$$

Ответ: 71