

8.2. Энергия теплового движения молекулы газа. Скорости молекулы

8.2.1. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа $E = 8,31 \cdot 10^{-21}$ Дж?

8.2.2. На сколько изменилась температура аргона, если средняя кинетическая энергия его атома уменьшилась в $n = 1,2$ раза? Начальная температура аргона $T_0 = 400$ К.

8.2.3. Определите количество молей одноатомного идеального газа, если средняя кинетическая энергия всех атомов при температуре $T = 500$ К равна $E = 800$ Дж.

8.2.4. В закрытом сосуде находится азот. Насколько изменится средняя квадратичная скорость молекулы азота, если температуру в сосуде повысить от $t_1 = 17$ °С до $t_2 = 47$ °С?

8.2.5. Температуру газа, находящегося в сосуде, увеличили на $\eta = 21\%$. На сколько процентов увеличилась средняя квадратичная скорость его молекул?

8.2.6. Найдите среднюю квадратичную скорость капельки воды массой $m = 4 \cdot 10^{-21}$ кг, взвешенной во влажном воздухе. Температура воздуха $T = 300$ К.

8.2.7. Найдите, во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки массой $m = 1,74 \cdot 10^{-12}$ кг, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости движения молекул водорода.

8.2.8. Температура поверхности Солнца (фотосфера) около $T = 6000$ К. Почему с поверхности Солнца не улетают атомы водорода, из которых в основном состоит фотосфера? Радиус и масса Солнца известны.

8.2.9. При некоторой температуре молекулы кислорода имеют среднюю квадратичную скорость $v_1 = 460$ м/с. Какова при этой температуре средняя квадратичная скорость v_2 молекул азота?

8.2.10. Молекула углекислого газа, движущаяся со скоростью $v = 600$ м/с, упруго ударяется о стенку. Найдите максимальный импульс силы, полученной стенкой.

8.2.11. На пути молекулярного пучка стоит «зеркальная» стенка. Скорость молекул в пучке $v = 200$ м/с, концентрация $n = 4 \cdot 10^{17}$ м⁻³, масса молекулы $m = 3,32 \cdot 10^{-27}$ кг. Стенка расположена перпендикулярно плоскости пучка. Определите число молекул, падающих на поверхность площадью $S = 1$ см² за время $t = 1$ с, и импульс, который они передают стенке.

8.2.12. На пути молекулярного пучка стоит «зеркальная» стенка. Найдите давление, испытываемое этой стенкой, если скорость молекул в пучке $v = 103$ м/с, концентрация $n = 5 \cdot 10^{17}$ м⁻³, масса молекулы $m = 3,32 \cdot 10^{-27}$ кг. Стенка расположена перпендикулярно плоскости пучка и неподвижна.

8.2.13. Решите предыдущую задачу при условии, что пучок движется по направлению, составляющему со стенкой угол $\alpha = 45^\circ$.

8.2.14. Найдите наиболее вероятную и среднюю арифметическую скорость молекулы водорода при температуре $t = 127$ °С.

8.2.15. Определите температуру азота, при которой средняя квадратичная скорость молекул азота больше средней арифметической на $\Delta v = 20$ м/с. Найдите наиболее вероятную скорость молекул азота при этой температуре.

Ответы:

8.2.1. $T = \frac{2E}{3k} = 401,4$ К.

У к а з а н и е. Здесь и далее k — постоянная Больцмана.

8.2.2. Уменьшилась на $\Delta T = \frac{(n-1)T_0}{n} \approx 66,7$ К.

8.2.3. $v = \frac{2E}{RT} \approx 0,13$ моль.

8.2.4. $\Delta v = \sqrt{\frac{3R}{\mu}} (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) \approx 25,67$ м/с.

8.2.5. $\eta_1 = \sqrt{1+\eta} - 1 = 0,1$; $\eta_1 = 10\%$.

8.2.6. $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1,76$ м/с.

8.2.7. $\frac{v_{\text{воз}}}{v_{\text{пыл}}} = \sqrt{\frac{mN_A}{M_{\text{воз}}}} \approx 2,28 \cdot 10^{13}$.

8.2.8. Не улетают, так как кинетическая энергия атомов недостаточна для преодоления солнечного тяготения, т. е. другими словами, скорость атомов много меньше даже первой космической скорости.

8.2.9. $v_2 = v_1 \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \approx 492$ м/с, где

M_1 и M_2 — молярные массы кислорода и азота соответственно.

8.2.10. $F\Delta t = 2mv = 2 \frac{M}{N_A} v = 8,8 \times 10^{-25}$ Н · с, если угол падения молекулы $\alpha = 0$ (здесь m — масса молекулы).

8.2.11. $N = nSvt = 8 \cdot 10^{15}$;
 $p = 2mv^2St = 1 \cdot 10^{-8}$ кг · м/с.

8.2.12. $p = 2nmv^2 = 3,5 \cdot 10^{-5}$ Па.