5.41. Какое число молекул n содержит единица объема сосуда при температуре $t = 10°$ С и давлении $p = 1{,}33 \cdot 10^{-9}$ Па?

Решение:

Число молекул N, содержащееся во всем сосуде, можно найти из соотношения: $N = \frac{m}{\mu} N_А$. Тогда число молекул в единице объема $n = \frac{N}{V}$ или $n = \frac{mN_А}{\mu V}$. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона, $pV = \frac{m}{\mu} RT$, откуда $\frac{m}{\mu} = \frac{pV}{RT}$. Тогда $n = \frac{pN_А}{RT}$; $n = 3{,}4 \cdot 10^{11}$ м$^{-3}$.

5.42. Для получения хорошего вакуума в стеклянном сосуде необходимо подогревать стенки сосуда при откачке для удаления адсорбированного газа. На сколько может повыситься давление в сферическом сосуде радиусом $r = 10$ см, если адсорбированные молекулы перейдут со стенок в сосуд? Площадь поперечного сечения молекул $s_0 = 10^{-19}$ м^2. Температура газа в сосуде $t = 300°$ С. Слой молекул на стенках считать мономолекулярным.

Решение:

Давление p газа в сосуде связано с числом молекул n в единице объема сосуда соотношением $p = nkT$ или $p = \frac{NkT}{V}$ — (1), где N — число молекул в объеме $V = 4\pi r^3 / 3$ — (2). По условию эти N молекул образуют мономолекулярный слой, следовательно, $N = \frac{S}{s_0}$, где

$S = 4\pi r^2$ — (3). Подставляя (2) и (3) в (1), получим $p = \dfrac{3kT}{s_0 r}$; $p = 2{,}4$ Па.

5.43. Какое число частиц находится в единице массы парообразного йода (I_2), степень диссоциации которого $\alpha = 0{,}5$? Молярная масса молекулярного йода $\mu = 0{,}254$ кг/моль.

Решение:

Имеем $\nu_1 = \dfrac{2\alpha m}{\mu}$ атомарного йода и $\nu_2 = \dfrac{(\alpha - 1)m}{\mu}$ молекулярного йода (см. задачу 5.30). В единице массы $\nu_1 = \dfrac{2\alpha}{\mu}$; $\nu_2 = \dfrac{\alpha - 1}{\mu}$. Число частиц в единице массы парообразного йода $n = N_A\left(\dfrac{2\alpha}{\mu} + \dfrac{1-\alpha}{\mu}\right)$; $n = 3{,}56 \cdot 10^{24}$ кг$^{-1}$.

5.44. Какое число частиц N находится в массе $m = 16$ г кислорода, степень диссоциации которого $\alpha = 0{,}5$?

Решение:

Количество атомарного кислорода, находящегося в данной массе, $\nu_1 = \dfrac{2\alpha m}{\mu}$, количество молекулярного кислорода $\nu_2 = \dfrac{(1-\alpha)\cdot m}{\mu}$. Общее количество кислорода $\nu = \dfrac{2\alpha m}{\mu} + {}$ $+ \dfrac{(1-\alpha)\cdot m}{\mu}$. Число частиц в массе m кислорода $N = N_A \nu$.

После несложных преобразований получим $N = N_A \times$ $\times \dfrac{m\cdot(\alpha+1)}{\mu}$; $N = 4{,}5 \cdot 10^{23}$.

5.45. В сосуде находится количество $\nu_1 = 10^{-7}$ молей кислорода и масса $m_2 = 10^{-6}$ г азота. Температура смеси $t = 100°$ С, давление в сосуде $p = 133$ мПа. Найти объем V сосуда, парциальные давления p_1 и p_2 кислорода и азота и число молекул n в единице объема сосуда.

Решение:

По закону Дальтона $p = p_1 + p_2$ — (1). Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона, $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT$ — (2) и $p_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT$ — (3), где μ_1 — молярная масса кислорода, μ_2 — молярная масса азота. Решая (1) — (3), получим $pV = RT\left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}\right)$ или $pV = RT\left(\nu_1 + \frac{m_2}{\mu_2}\right)$, откуда $V = \frac{RT}{p}\left(\nu_1 + \frac{m_2}{\mu_2}\right)$; $V = 3{,}2$ л. Парциальное давление кислорода p_1 найдем из уравнения Менделеева — Клапейрона $p_1 V = \nu_1 RT$, откуда $p_1 = \nu_1 RT / V$; $p_1 = 98$ МПа. Парциальное давление азота $p_2 = \frac{m_2 RT}{\mu_2 V}$; $p_2 = 35$ МПа. Для нахождения числа молекул n в единице объема сосуда воспользуемся формулой, выведенной в задаче 5.41: $n = pN_A / RT$; $n = 2{,}6 \cdot 10^{19}$ м$^{-3}$.

5.46. Найти среднюю квадратичную скорость $\sqrt{\overline{v^2}}$ молекул воздуха при температуре $t = 17°$ С. Молярная масса воздуха $\mu = 0{,}029$ кг/моль.

Решение:

Средняя квадратичная скорость молекул $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}}$.

Для молекул воздуха $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3 \cdot 8{,}31 \cdot 290}{0{,}029}} = 500$ м/с.

5.47. Найти отношение средних квадратичных скоростей молекул гелия и азота при одинаковых температурах.

Решение:

Средняя квадратичная скорость молекул гелия $\sqrt{\overline{v_1^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu_1}}$, молекул азота — $\sqrt{\overline{v_2^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu_2}}$. Отсюда отношение $\dfrac{\sqrt{\overline{v_1^2}}}{\sqrt{\overline{v_2^2}}} = \sqrt{\dfrac{\mu_2}{\mu_1}}$. Молярная масса гелия $\mu_1 = 0{,}004$ кг/моль. Молярная масса азота $\mu_2 = 0{,}028$ кг/моль. Тогда $\sqrt{\overline{v_1^2}} / \sqrt{\overline{v_2^2}} = 2{,}65$.

5.48. В момент взрыва атомной бомбы развивается температура $T \approx 10^7$ К. Считая, что при такой температуре все молекулы полностью диссоциированы на атомы, а атомы ионизированы, найти среднюю квадратичную скорость $\sqrt{\overline{v^2}}$ иона водорода.

Решение:

Средняя квадратичная скорость иона водорода $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}}$, где молярная масса иона водорода $\mu = 0{,}001$ кг/моль. Отсюда $\sqrt{\overline{v^2}} = 5 \cdot 10^5$ м/с.

5.49. Найти число молекул n водорода в единице объема сосуда при давлении $p = 266{,}6$ Па, если средняя квадратичная скорость его молекул $\sqrt{\overline{v^2}} = 2{,}4$ км/с.

Решение:

В задаче 5.41 была получена формула, выражающая число молекул газа в единице объема $n = \dfrac{pN_{\text{A}}}{RT}$. Средняя квадратичная скорость молекул водорода $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}}$, отсюда $RT = \left(\sqrt{\overline{v^2}}\right)^2 \cdot \mu / 3$. Тогда $n = \dfrac{3pN_{\text{A}}}{\mu\left(\sqrt{\overline{v^2}}\right)^2}$; $n = 4{,}2 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$.

5.50. Плотность некоторого газа $\rho = 0{,}06$ кг, средняя квадратичная скорость его молекул $\sqrt{\overline{v^2}} = 500$ м/с. Найти давление p, которое газ оказывает на стенки сосуда.

Решение:

Давление газа определяется основным уравнением молекулярно-кинетической теории (МКТ): $p = \dfrac{2}{3}n\dfrac{m_0\overline{v^2}}{2}$ — (1), где n — число молекул в единице объема, m_0 — масса молекулы. Кроме того, n и m_0 связаны соотношением: $n = \dfrac{\rho}{m_0}$. Тогда уравнение (1) можно записать следующим образом: $p = \dfrac{\rho\overline{v^2}}{3}$; $p = 5$ кПа.

5.51. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул воздуха? Масса пылинки $m = 10^{-8}$ г. Воздух считать однородным газом, молярная масса которого $\mu = 0{,}029$ кг/моль.

Решение:

Среднюю квадратичную скорость можно выразить с помощью следующих соотношений: $\sqrt{\overline{v}^2} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\dfrac{3kT}{m}}$.

Для пылинки $\sqrt{\overline{v_1^2}} = \sqrt{\dfrac{3kT}{m}}$. Для воздуха $\sqrt{\overline{v_2^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}}$;

$\dfrac{\sqrt{\overline{v_2^2}}}{\sqrt{\overline{v_1^2}}} = \sqrt{\dfrac{Rm}{\mu k}}$; $\dfrac{\sqrt{\overline{v_2^2}}}{\sqrt{\overline{v_1^2}}} = 1{,}44 \cdot 10^7$.

5.52. Найти импульс mv молекулы водорода при температуре $t = 20°$ С. Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости.

Решение:

Масса молекулы водорода $m = \dfrac{\mu}{N_A}$. Ее средняя квадратичная скорость $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}}$. Тогда

$mv = \dfrac{\mu}{N_A}\sqrt{\dfrac{3RT}{\mu}} = \dfrac{\sqrt{3RT\mu}}{N_A}$; $mv = 6{,}3 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с.

5.53. В сосуде объемом $V = 2$ л находится масса $m = 10$ г кислорода при давлении $p = 90{,}6$ кПа. Найти среднюю

Решение:

К. п. д. двигателя $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Pt}{mq}$ — (1), откуда $m = \frac{Pt}{\eta q}$. С другой стороны, $\eta = 1 - \frac{\beta\gamma - 1}{\gamma\varepsilon^{\gamma-1}(\beta - 1)}$ — (2) (см. задачу 2.214). В условиях данной задачи $\beta = \frac{\varepsilon}{\delta} = \frac{16}{6{,}4} = 2{,}5$; $\gamma = 1{,}3$; $\beta\gamma = 3{,}29$; $\beta^{\gamma} - 1 = 2{,}29$; $\varepsilon^{\gamma-1} = 2{,}30$; $\beta - 1 = 1{,}5$. Подставляя эти данные в (2), получим $\eta = 0{,}49 = 49\%$. Тогда $m = 5{,}9$ кг.

5.216. Найти изменение ΔS энтропии при превращении массы $m = 10$ г льда ($t = -20°$ С) в пар ($t_n = 100°$ С).

Решение:

Изменение энтропии при переходе вещества из состояния 1 в состояние 2 $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$, где, согласно первому началу термодинамики, $dQ = dU + dA = \frac{m}{\mu} C_V dT + pdV$. Т. к. из уравнения Менделеева — Клапейрона давление $p = \frac{m}{\mu}\frac{RT}{V}$, то $dQ = \frac{m}{\mu} C_V dT + \frac{m}{\mu}\frac{RT}{V} dV$. При переходе из одного агрегатного состояния в другое, общее изменение энтропии складывается из изменений ее в отдельных процессах. При нагревании льда от T до T_0 (T_0 — температура плавления) $\Delta S_1 = \int_T^{T_0} \frac{mc_л dT}{T} = mc_л \ln\frac{T_0}{T}$, где $c_л = 2{,}1$ кДж/(кг·К) — удельная теплоемкость льда. При плавлении льда

Тогда масса частицы $m = \rho V = \frac{\pi\rho\sigma^3}{6}$. Отсюда $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT \cdot 6}{\pi\rho\sigma^3}}$; $\sqrt{\overline{v^2}} = 4{,}65 \cdot 10^{-3}$ м/с.

5.55. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа $\sqrt{\overline{v^2}} = 450$ м/с. Давление газа $p = 50$ кПа. Найти плотность ρ газа при этих условиях.

Решение:

Давление газа определяется основным уравнением МКТ: $p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$ — (1), где n — число молекул в единице объема, m_0 — масса молекулы. Кроме того, n и m_0 связаны соотношением: $n = \frac{\rho}{m_0}$. Тогда уравнение (1) можно записать следующим образом: $p = \frac{\rho\overline{v^2}}{3}$, откуда $\rho = \frac{3p}{\overline{v^2}}$; $\rho = 0{,}74$ кг/м^3.

5.56. Плотность некоторого газа $\rho = 0{,}082$ кг/м^3 при давлении $p = 100$ кПа и температуре $t = 17°$ С. Найти среднюю квадратичную скорость $\sqrt{\overline{v^2}}$ молекул газа. Какова молярная масса μ этого газа?

Решение:

Из предыдущей задачи $p = \frac{\rho\overline{v^2}}{3}$, откуда $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$; $\sqrt{\overline{v^2}} = 1{,}9$ км/с. Молярную массу μ этого газа можно найти

5.218. Найти изменение ΔS энтропии при плавлении массы $m = 1$ кг льда ($t = 0°$ C).

Решение:

При, плавлении массы m льда при температуре T имеем $\Delta S = \frac{m\lambda}{T}$, где $\lambda = 0{,}33$ МДж/кг — удельная теплота плавления. $\Delta S = 1209$ Дж/кг.

5.219. Массу $m = 640$ г расплавленного свинца при температуре плавления $t_{пл}$ вылили на лед ($t = 0°$ C). Найти изменение ΔS энтропии при этом процессе.

Решение:

Предположим, что система «свинец — лед» замкнута, т.е. потерь тепла во внешнюю среду нс происходит и весь образовавшийся пар сконденсировался и остался внутри системы в виде воды. Тогда изменение энтропии системы ΔS будет складываться из изменения энтропии свинца ΔS_1 при затвердевании, изменения энтропии свинца ΔS_2 при охлаждении до $t = 0°$ C и изменения энтропии льда при таянии ΔS_3. Т. е. $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$. Задачу рассматриваем при условии, что льда имеется достаточное количество для поддержания температуры $t = 0°$ C. Обозначим $T_1 = 600$ К — температура плавления свинца, $T_2 = 273$ К — температура льда. Имеем $dS_1 = dQ_1 / T$ или $\Delta S_1 = -\int_1^2 \frac{dQ_1}{T_1} = -\frac{m\lambda}{T_1}$, где $\lambda = 22{,}6$ кДж/кг — удельная теплота плавления (кристаллизации) свинца. $dS_2 = \frac{dQ_2}{T}$, от-

Решение:

Внутренняя энергия газа $W = \frac{i}{2}\frac{m}{\mu}RT$. Воздух можно считать (в процентном соотношении) двухатомным газом, т.е. число степеней свободы $i = 5$. Тогда $W = \frac{5}{2}\frac{m}{\mu}RT$; $W = 210$ Дж.

5.60. Найти энергию $W_{вр}$ вращательного движения молекул, содержащихся в массе $m = 1$ кг азота при температуре $t = 7°$ С.

Решение:

Внутренняя энергия газа $W = \frac{i}{2}\frac{m}{\mu}RT$. Поскольку молекула азота состоит из двух атомов, то для нее количество степеней свободы вращательного движения $i = 2$. Тогда $W_{вр} = \frac{m}{\mu}RT$; $W_{вр} = 83$ кДж.

5.61. Найти внутреннюю энергию W двухатомного газа, находящегося в сосуде объемом $V = 2$ л под давлением $p = 150$ кПа.

Решение:

Согласно уравнению состояния идеального газа $pV = \frac{m}{\mu}RT$ — (1). Внутренняя энергия газа $W = \frac{i}{2}\frac{m}{\mu}RT$ или, с учетом (1), $W = \frac{i}{2}pV$. Для двухатомного газа количество степеней свободы $i = 5$, тогда $W = \frac{5}{2}pV$; $W = 750$ Дж.

5.62. Энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в баллоне объем $V = 20$ л, $W = 5$ кДж, а средняя квадратичная скорость его молекул $\sqrt{\overline{v^2}} = 2 \cdot 10^3$ м/с. Найти массу m азота в баллоне и давление p, под которым он находится.

Решение:

Энергия поступательного движения молекул азота $W = \frac{m\overline{v^2}}{2}$, откуда $m = \frac{2W}{\overline{v^2}}$; $m = 2{,}5$ г. Согласно основному уравнению МКТ $p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$ — (1), где n — число молекул в единице объема, m_0 — масса одной молекулы. Очевидно, что произведение $nm_0 = \rho$ — плотности азота. Тогда $nm_0 V = \rho V = m$ — массе всего азота, находящегося в баллоне. Умножив правую и левую части уравнения (1) на V, получим $pV = \frac{2}{3} nm_0 V \frac{\overline{v^2}}{2} = \frac{2}{3} m \frac{\overline{v^2}}{2}$. Но $\frac{m\overline{v^2}}{2} = W$, следовательно, $pV = \frac{2}{3} W$, откуда $p = \frac{2W}{3v}$; $p = 167$ кПа.

5.63. При какой температуре T энергия теплового движения атомов гелия будет достаточна для того, чтобы атомы гелия преодолели земное тяготение и навсегда покинули земную атмосферу? Решить аналогичную задачу для Луны.

Решение:

Согласно условию задачи средняя квадратичная скорость атомов гелия должна быть равна второй космической скорости, т.е. $\sqrt{\overline{v^2}} = 11{,}2$ км/с. $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$, откуда $T = \frac{\mu\overline{v^2}}{3R}$; $T \approx 2 \cdot 10^4$ К. Для Луны $\sqrt{\overline{v^2}} = 2{,}4$ км/с, тогда $T = 900$ К.

5.64. Масса $m = 1$ кг двухатомного газа находится под давлением $p = 80$ кПа и имеет плотность $\rho = 4$ кг/м^3. Найти энергию теплового движения W молекул газа при этих условиях.

Решение:

Энергия теплового движения двухатомного газа $W = \frac{i}{2}\nu RT = \frac{5}{2}\frac{m}{\mu}RT$. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона $pV = \frac{m}{\mu}RT$, тогда $W = \frac{5}{2}pV$. Так как $V = \frac{m}{\rho}$, то окончательно имеем $W = \frac{5}{2}\frac{pm}{\rho}$; $W = 50$ кДж.

5.65. Какое число молекул N двухатомного газа содержит объем $V = 10$ см^3 при давлении $p = 5{,}3$ кПа и температуре $t = 27°$ С? Какой энергией теплового движения W обладают эти молекулы?

Решение:

Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона $pV = \frac{m}{\mu}RT = \nu RT$. Количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A}$, где N — число молекул в данном объеме вещества, N_A — число

Авогадро. Тогда $pV = \frac{N}{N_A} RT$. Но $\frac{R}{N_A} = k$ — постоянной Больцмана. Отсюда окончательно имеем $pV = NkT$, откуда $N = \frac{pV}{kT}$; $N = 1{,}3 \cdot 10^{19}$. Энергия теплового движения двухатомного газа $W = \frac{5}{2}\frac{m}{\mu} RT$, где $\frac{m}{\mu} = \nu = \frac{N}{N_A}$, тогда $W = \frac{5}{2}\frac{N}{N_A} RT$; $W = 0{,}133$ Дж.

5.66. Найти удельную теплоемкость c кислорода для: а) $V = const$; б) $p = const$.

Решение:

Молярная теплоемкость C и удельная теплоемкость c связаны соотношением $C = \mu c$. Отсюда $c = \frac{C}{\mu}$. а) При $V = const$ $c_V = \frac{C_V}{\mu}$, где $C_V = \frac{i}{2} R$. Для кислорода $i = 5$, следовательно, $C_V = \frac{5}{2} R$. Тогда удельная теплоемкость кислорода при постоянном объеме $c_V = \frac{5R}{2\mu}$; $c_V = 650$ Дж/(кг·К). б) При $P = const$ $C_p = C_V + R = \frac{7}{2} R$. Отсюда $c_p = \frac{7R}{2\mu}$; $c_p = 910$ Дж/(кг·К).

5.67. Найти удельную теплоемкость c_p: а) хлористого водорода; б) неона; в) окиси азота; г) окиси углерода; д) паров ртути.

Решение:

Удельная теплоемкость $c_p = \frac{C_p}{\mu}$, где молярная теплоемкость $C_p = C_V + R$. Поскольку $C_V = \frac{i}{2}R$, то $C_p = \frac{R(i+2)}{2}$. Для одноатомных газов $C_p = 20{,}8$ Дж/(моль·К), для двухатомных газов $C_p = 29{,}1$ Дж/(моль·К), для многоатомных $C_p = 33{,}2$ Дж/(моль·К).

а) $\mu_{HCl} = 0{,}0365$ кг/моль, $c_p \approx 800$ Дж/(кг·К);

б) $\mu_{Ne} = 0{,}02$ кг/моль, $c_p = 1040$ Дж/(кг·К);

в) $\mu_{NO} = 0{,}03$ кг/моль, $c_p = 970$ Дж/(кг·К);

г) $\mu_{CO} = 0{,}028$ кг/моль, $c_p = 1040$ Дж/(кг·К);

д) $\mu_{Hg} = 0{,}201$ кг/моль, $c_p = 103$ Дж/(кг·К).

5.68. Найти отношение удельных теплоемкостей c_p / c_V для кислорода.

Решение:

Для кислорода $c_p = 910$ Дж/(кг·К), $c_V = 650$ Дж/(кг·К) (см. задачу 5.66); $\frac{c_p}{c_V} = 1{,}4$.

5.69. Удельная теплоемкость некоторого двухатомного газа $c_p = 14{,}7$ кДж/(кг·К). Найти молярную массу μ этого газа.

Решение:

Молярная теплоемкость C_p и удельная теплоемкость c_p газов связаны соотношением $C_p = c_p\mu$, откуда

$\mu = \dfrac{C_p}{c_p}$ — (1). $C_p = C_V + R$ — (2), где молярная теплоемкость при постоянном объеме $C_V = \dfrac{i}{2}R$. Для двухатомного газа $i = 5$, тогда из (2) $C_p = \dfrac{7}{2}R$ — (3). Подставив (3) в (1), получим $\mu \dfrac{7R}{2c_p}$; $\mu = 0{,}002$ кг/моль.

5.70. Плотность некоторого двухатомного газа при нормальных условиях $\rho = 1{,}43$ кг/м^3. Найти удельные теплоемкости c_V и c_p этого газа.

Решение:

Молярная теплоемкость C и удельная теплоемкость c связаны соотношением $C = \mu c$. Отсюда $c = C/\mu$. При $V = const$ $c_V = \dfrac{C_V}{\mu}$, где $C_V = \dfrac{i}{2}R$. Для двухатомного газа $i = 5$, следовательно, $C_V = \dfrac{5}{2}R$. Тогда удельная теплоемкость двухатомного газа при постоянном объеме $c_V = \dfrac{5R}{2\mu}$ — (1). При $P = const$ $C_p = \dfrac{7}{2}R$. Отсюда $c_p = \dfrac{7R}{2\mu}$ — (2). Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона $pV = \dfrac{m}{\mu}RT$ или $p = \dfrac{m}{V\mu}RT$. Но $\dfrac{m}{V} = \rho$, тогда $p = \dfrac{\rho}{\mu}RT$, откуда $\mu = \dfrac{\rho RT}{p}$ — (3). Подставляя (3) в (1) и (2), получим $c_V = \dfrac{5p}{2\rho T}$; $c_p = \dfrac{7p}{2\rho T}$. При нормальных условиях $p = 1{,}013 \cdot 10^5$ Па, $T = 273$ К. Тогда $C_V = 650$ Дж/(кг·К), $c_p = 910$ Дж/(кг·К).

5.71. Молярная масса некоторого газа $\mu = 0{,}03$ кг/моль, отношение $c_p / c_V = 1{,}4$. Найти удельные теплоемкости c_V и c_p этого газа.

Решение:

Удельные теплоемкости c_V и c_p выражаются следующим образом $c_V = \dfrac{C_V}{\mu}$ — (1); $c_p = \dfrac{C_p}{\mu}$ — (2), где молярная теплоемкость $C_p = C_V + R = \dfrac{i}{2}R + R$ — (3). По условию $\dfrac{c_p}{c_V} = 1{,}4$ или $c_p = 1{,}4c_V$, тогда из (3) $1{,}4C_V = c_V + R$, $C_V = \dfrac{5}{2}R$ — (4), $C_p = \dfrac{7}{2}R$ — (5). Подставив (4) в (1) и (5) в (2), получим $c_V = \dfrac{5R}{2\mu}$; $c_V = 693$ Дж/(кг·К); $c_p = \dfrac{7R}{2\mu}$; $c_p = 970$ Дж/(кг·К).

5.72. Во сколько раз молярная теплоемкость C' гремучего газа больше молярной теплоемкости C'' водяного пара, получившегося при его сгорании? Задачу решить для: а) $V = const$; б) $p = const$.

Решение:

Запишем уравнение реакции $2H_2 + O_2 = 2H_2O$. Таким образом из количества $\nu_1 = 3$ моль двухатомного газа получается количество $\nu_2 = 2$ моль трехатомного газа, т.е. до сгорания $C_{V1} = 3\dfrac{5R}{2}$ и $C_{p1} = 3\dfrac{7R}{2}$; после сгорания $C_{V2} = 2\dfrac{6R}{2}$ и $C_{p2} = 2\dfrac{8R}{2}$. Тогда а) $\dfrac{C_{V1}}{C_{V2}} = 1{,}25$; б) $\dfrac{C_{p1}}{C_{p2}} = 1{,}31$.

5.73. Найти степень диссоциации α кислорода, если его удельная теплоемкость при постоянном давлении $c_p = 1{,}05$ кДж/(кг·К).

Решение:

Пусть m — полная масса кислорода. Тогда αm — масса диссоциированного кислорода, а $(1-\alpha)\cdot m$ — масса недиссоциированного кислорода. Количество тепла, необходимое для нагревания газа на некоторую температуру ΔT: $Q = c_p m\Delta T$ или $Q = \left[c_p^H(1-\alpha)m + c_p^g \alpha m\right]\cdot \Delta T$, где c_p^H и c_p^g — соответственно теплоемкости при постоянном давлении диссоциированного и не диссоциированного газов. Тогда $c_p m\Delta T = \left[c_p^H(1-\alpha)m + c_p^g \alpha m\right]\cdot\Delta T$, отсюда $c_p = c_p^H(1-\alpha) + c_p^g\alpha$. Т.к. $c_p = \dfrac{i+2}{i}\dfrac{R}{\mu}$, то $c_p^H = \dfrac{7}{2}\dfrac{R}{\mu}$ и $c_p^g = \dfrac{5}{2}\dfrac{2R}{\mu}$, поскольку для недиссоциированного газа $i = 5$, а для диссоциированного $i = 3$. Тогда $c_p = \dfrac{7}{2}\dfrac{R}{\mu}(1-\alpha) + 5\dfrac{R}{\mu}\alpha = \dfrac{R}{2\mu}(7(1-\alpha) + 10\alpha) = \dfrac{R}{2\mu}(7+3\alpha)$; $7 + 3\alpha = \dfrac{2\mu c_p}{R}$; $\alpha = \dfrac{2\mu c_p - 7R}{3R}$; $\alpha = 0{,}362$.