

В системе СГС $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К.

Из уравнения (9.8) имеем

$$\rho = \frac{kN_A}{V_\mu} \cdot T = k \cdot n_0 \cdot T, \quad (9.12)$$

где $n_0 = \frac{N_A}{V_\mu}$ — число молекул в единице объема газа.

Вопросы для повторения

1 В чем сущность и различие термодинамического и статистического методов исследования физических явлений?

2. Какой смысл вкладывается в понятие «термодинамическое состояние тела»? Какие параметры состояния Вы знаете?

3. Какие газы называют идеальными? Сформулируйте основные законы идеальных газов

Примеры решения задач

Задача 9.1. В баллон при помощи компрессора нагнетают воздух. Температура внутри баллона 320 К. До какой плотности можно довести воздух в баллоне, если предохранительный клапан, прикрывающий отверстие в $1,2 \cdot 10^{-3}$ м², удерживается силой 60 Н? Атмосферное давление $1,01 \cdot 10^5$ Па. Рассматривать сжатый в баллоне воздух как идеальный газ с молярной массой 0,029 кг/моль.

Д а н о

$$\begin{aligned} T &= 320 \text{ К,} \\ S &= 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \\ F &= 60 \text{ Н,} \\ \mu &= 0,029 \text{ кг/моль,} \\ p_0 &= 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} \end{aligned}$$

$\rho = ?$

Р е ш е н и е

Воспользуемся уравнением (9.10):

$$\rho = \frac{p\mu}{RT},$$

где R — универсальная газовая постоянная, а p — максимальное давление воздуха в баллоне.

Это давление представляет собой сумму атмосферного давления p_0 и давления, производимого силой F на клапан

$$p = p_0 + \frac{F}{S}.$$

Следовательно, искомая плотность воздуха

$$\rho = \frac{\left(p_0 + \frac{F}{S}\right)\mu}{RT}.$$

Вычисления производим в Международной системе единиц (СИ):

$$\rho = \frac{\left(1,01 \cdot 10^5 + \frac{60 \cdot 10^3}{1,2}\right) \cdot 29}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 320} \text{ кг/м}^3 = 55,7 \text{ кг/м}^3$$

Задача 9.2 Определить удельный объем 0,032 кг азота и 0,008 кг кислорода при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па и температуре 273 К, считая азот и кислород идеальными газами.

Д а н о

$$\begin{aligned} M_1 &= 0,032 \text{ кг,} \\ M_2 &= 0,008 \text{ кг,} \\ \mu_1 &= 0,028 \text{ кг/моль,} \\ \mu_2 &= 0,032 \text{ кг/моль,} \\ p &= 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па,} \\ T &= 273 \text{ К} \end{aligned}$$

$$v_{\text{см}} = ?$$

Р е ш е н и е

По закону Дальтона давление p смеси газов равно сумме парциальных давлений всех газов, входящих в состав смеси. В рассматриваемом случае имеем:

$$p = p_1 + p_2, \quad (\text{а})$$

где p_1 и p_2 — парциальные давления азота и кислорода, т. е. те давления, которые они производили бы на стенки сосуда, занимая порознь весь объем смеси и находясь при той же температуре, что и смесь.

Давления p_1 и p_2 легко найти из уравнения Менделеева — Клапейрона (9.9).

$$p_1 V = \frac{M_1}{\mu_1} RT$$

и

$$p_2 V = \frac{M_2}{\mu_2} RT,$$

где V — объем сосуда, содержащего смесь.

Подставив эти выражения в уравнение (а), получим

$$pV = \left(\frac{M_1}{\mu_1} + \frac{M_2}{\mu_2} \right) RT$$

Удельный объем смеси

$$v_{\text{см}} = \frac{V}{M_1 + M_2} = \frac{\left(\frac{M_1}{\mu_1} + \frac{M_2}{\mu_2} \right) RT}{(M_1 + M_2) p}. \quad (\text{б})$$

Вычисления производим в Международной системе единиц (СИ):

$$v_{\text{см}} = \frac{\left(\frac{0,032}{28} + \frac{0,008}{32} \right) \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 273}{(0,032 + 0,008) \cdot 1,01 \cdot 10^5} \text{ м}^3/\text{кг} = 0,78 \text{ м}^3/\text{кг}.$$