



**энергомашиностроение.**

**6**

## **Лекция №4**

### **Смесь идеальных газов**

- Закон Дальтона.
- Уравнения состояния смеси.
- Формулы для расчета смесей.

## Закон Дальтона

Закон Дальтона (1766—1844 гг.) формулируется так: **если смесь состоит из газов, которые не вступают между собой в химические реакции, то каждый газ ведет себя так, как будто он один занимает весь объем, в котором находится смесь.** Из этого закона, следует что каждый газ, находящийся в смеси, оказывает на стенки сосуда, в котором заключена смесь, такое давление, какое он оказывал бы, занимая сам весь объем сосуда. Такое давление называется **парциальным**. Давление смеси равно сумме парциальных давлений компонентов:

$$P_{см} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (1)$$

$$\frac{m_1}{m_{см}} = g_1; \quad \frac{m_2}{m_{см}} = g_2; \quad \frac{m_n}{m_{см}} = g_n \quad (2)$$

называют **массовыми долями** первого, второго и т. д. газов, входящих в смесь. В этих отношениях те  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — массы отдельных газов, входящих в смесь;  $m_{см}$  — масса смеси газов. Очевидно, что

$$m_1 + m_2 + \dots + m_n = m_{см}$$

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = 1$$

Отношения  $\frac{V_1}{V_{см}} = r_1; \frac{V_2}{V_{см}} = r_2; \dots; \frac{V_n}{V_{см}} = r_n$  (3)

называют **объемными долями первого, второго и т. д. газов**, входящих в смесь. В этих отношениях  $V_1, V_2 \dots V_n$  — объемы отдельных газов, входящих в смесь, взятых при давлении и температуре смеси, называют **приведенными или парциальными объемами** данных компонентов.

Из закона Бойля — Мариотта можно найти приведенные объемы компонентов:

$$\begin{cases} V_1 = \frac{P_1}{P_{см}} V_{см}; & V_2 = \frac{P_2}{P_{см}} V_{см}; \\ V_3 = \frac{P_3}{P_{см}} V_{см}; & \dots V_n = \frac{P_n}{P_{см}} V_{см}; \end{cases} \quad (4)$$

Из уравнений (4) видно, что

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = 1$$



$$m_1 R_1 + m_2 R_2 + \dots + m_n R_n = m R_{cm} \quad (8)$$

$$pV = m R_{cm} T \quad (9)$$

$$R_{cm} = \frac{m_1 R_1 + m_2 R_2 + \dots + m_n R_n}{m}$$

$$\frac{m_1}{m} = g_1; \quad \frac{m_2}{m} = g_2; \quad \frac{m_n}{m} = g_n;$$

$$R_{cm} = g_1 R_1 + g_2 R_2 + \dots + g_n R_n \quad (10)$$

$$R_{cm} = \frac{8314}{\mu_{cm}}$$

$\mu_{cm}$  — кажущаяся молекулярная масса (некоторое условное понятие молекулярной массы)

## Формулы для расчета смесей

Между массовыми и объемными долями существует зависимость, которую для любого газа, входящего в смесь, например для  $n$ -го, можно получить следующим образом:

$$g_n = \frac{m_n}{m_{см}}$$

$$m_n = \rho_n V_n$$

$$m_{см} = \rho_{см} V_{см}$$

$$g_n = \frac{m_n}{m_{см}} = \frac{\rho_n V_n}{\rho_{см} V_{см}}$$

$$g_n = \frac{\rho_n V_n}{\rho_{см} V_{см}} = \frac{\mu_n}{\mu_{см}} r_n$$

$$R_n = \frac{8314}{\mu_n}; \quad \mu_n = \frac{8314}{R_n};$$

$$R_{см} = \frac{8314}{\mu_{см}}; \quad \mu_{см} = \frac{8314}{R_{см}};$$

$$g_n = \frac{\mu_n}{\mu_{см}} r_n = \frac{R_{см}}{R_n} r_n,$$

$$g_n = \frac{R_{см}}{R_n} r_n; \quad r_n = \frac{R_n}{R_{см}} g_n. \quad (11) \quad (12)$$

Эти соотношения справедливы для любого газа, входящего в смесь.

Рассмотрим способ определения состава смеси через числа киломолей компонентов. Пусть смесь состоит из  $n$  газов; тогда приведенные объемы каждого из них можно выразить числом киломолей, т.е.

$$V_1 = V_{\mu_1} \nu_1;$$

.....

$$V_n = V_{\mu_n} \nu_n;$$

$\nu_1, \nu_2, \nu_n$  — их числа киломолей. Объем смеси газов также можно выразить числом киломолей, т.е.

$$V_{см} = V_{\mu_{см}} \nu_{см},$$

где  $\nu_{см}$  — число киломолей смеси, равное частному от деления массы смеси на кажущуюся молекулярную массу смеси.

$$r_1 = \frac{V_1}{V_{см}} = \frac{V_{\mu 1} V_1}{V_{\mu см} V_{см}} \quad (13)$$

Учитывая, что объем киломолей для всех газов, в том числе и для смеси, при одинаковых параметрах есть величина постоянная, последнее уравнение можем переписать в виде

$$r_1 = \frac{V_1}{V_{см}}$$

$$r_{\mu 2} = \frac{V_2}{V_{см}}; \quad \dots \quad r_{\mu n} = \frac{V_n}{V_{см}}; \quad (14)$$

$$V_{см} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Таким образом, задание смеси числом киломолей равносильно заданию ее объемными долями. Найдём кажущуюся молекулярную массу смеси: вычисляем её для каждого компонента  $g_i$ . Из уравнения следует, что

$$g_i = \frac{\mu_i}{\mu_{см}} r_i; \quad \sum g_i = \frac{\mu_1 r_1 + \mu_2 r_2 + \dots + \mu_n r_n}{\mu_{см}}$$

$$\sum g_i = 1; \quad 1 = \frac{\mu_1 r_1 + \mu_2 r_2 + \dots + \mu_n r_n}{\mu_{см}}$$

$$\mu_{см} = \mu_1 r_1 + \mu_2 r_2 + \dots + \mu_n r_n \quad (15)$$

$$\mu_{см} = \frac{1}{\frac{g_1}{\mu_1} + \frac{g_2}{\mu_2} + \dots + \frac{g_n}{\mu_n}}$$

**а) Если смесь задана объемными долями:**

$$R_{см} = \frac{8314}{\mu_{см}}; \quad R_{см} = \frac{8314}{\mu_{см}} = \frac{8314}{\mu_1 r_1 + \mu_2 r_2 + \dots + \mu_n r_n}$$

$$R_{см} = \frac{1}{\frac{r_1}{R_1} + \frac{r_2}{R_2} + \dots + \frac{r_n}{R_n}} \quad (16)$$

**б) Если смесь задана массовыми долями:**

$$R_{см} = \frac{8314}{\mu_{см}} = 8314 \left( \frac{g_1}{\mu_1} + \frac{g_2}{\mu_2} + \dots + \frac{g_n}{\mu_n} \right) \quad R_i = \frac{8314}{\mu_i}; \quad \mu_i = \frac{8314}{R_i}$$

$$R_{см} = g_1 R_1 + g_2 R_2 + \dots + g_n R_n \tag{17}$$

**а) Если смесь задана  
объемными долями:**

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 = \frac{V_1}{V_{см}} p_{см} = r_1 p_{см} \\ \dots\dots\dots \\ p_n = \frac{V_n}{V_{см}} p_{см} = r_n p_{см} \end{array} \right. \tag{18}$$

$$r_i = g_i \frac{\mu_{см}}{\mu_i} = g_i \frac{R_i}{R_{см}}$$

**б) Если смесь задана  
массовыми долями:**

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 = g_1 \frac{\mu_{см}}{\mu_1} p_{см} = g_1 \frac{R_1}{R} p_{см} \\ \dots\dots\dots \\ p_n = g_n \frac{\mu_{см}}{\mu_n} p_{см} = g_n \frac{R_n}{R} p_{см} \end{array} \right. \tag{19}$$

## Контрольные вопросы

- Закон Дальтона.
- Парциальное давление
- Кажущаяся молекулярная масса
- Уравнения состояния смеси.
- Формулы для расчета смесей.