



**Физико-технический  
институт**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Практическое занятие №2

### Газовые смеси

19 февраля  
2016



**Массовой долей** компонента  $g_i$  называют отношение массы газа  $m_i$ , входящего в смесь, к массе всей смеси  $m_{\text{см}}$ , т.е.

$$g_1 = \frac{m_1}{m_{\text{см}}}; g_2 = \frac{m_2}{m_{\text{см}}}; \dots; g_n = \frac{m_n}{m_{\text{см}}};$$

$$m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum_{i=1}^n m_i = m_{\text{см}};$$

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum_{i=1}^n g_i = 1$$



**Объемной долей** компонента  $r_i$  называют отношение парциального объема газа  $V_i$ , входящего в смесь, к объему всей смеси  $V_{\text{см}}$ , т.е.

$$r_1 = \frac{V_1}{V_{\text{см}}}; r_2 = \frac{V_2}{V_{\text{см}}}; \dots; r_n = \frac{V_n}{V_{\text{см}}}$$

Приведение производят по закону Бойля-Мариотта.

$$p_{\text{см}} V_1 = p_1 V_{\text{см}};$$

$$p_{\text{см}} V_2 = p_2 V_{\text{см}};$$

...

$$p_{\text{см}} V_n = p_n V_{\text{см}};$$

$$V_1 = \frac{p_1}{p_{\text{см}}} V_{\text{см}}; V_2 = \frac{p_2}{p_{\text{см}}} V_{\text{см}}; \dots; V_n = \frac{p_n}{p_{\text{см}}} V_{\text{см}}$$



Давление смеси газов  $p_{\text{см}}$  по закону Дальтона равно сумме давлений газов  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , входящих в смесь, т.е.

$$p_{\text{см}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

$$V_1 + V_2 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i = V;$$

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i = 1$$



**Молярной долей** компонента  $x_i$  называют отношение количества вещества каждого газа  $\nu_i$  к количеству вещества смеси газов  $\nu_{\text{см}}$ ; молярную долю  $\nu_i/\nu_{\text{см}}$  можно свести к объемной; из соотношений

$\mu_i = m_i/\nu_i$  и  $\mu_{\text{см}} = m_{\text{см}}/\nu_{\text{см}}$  следует

$$\frac{\nu_i}{\nu_{\text{см}}} = \frac{m_i \mu_{\text{см}}}{m_{\text{см}} \mu_i} = \frac{\rho_i V_i \mu_{\text{см}}}{\rho_{\text{см}} V_{\text{см}} \mu_i} \quad \left| \quad \frac{\rho_i}{\rho_{\text{см}}} = \frac{\mu_i}{\mu_{\text{см}}} \quad \left| \quad \frac{\nu_i}{\nu_{\text{см}}} = \frac{V_i}{V_{\text{см}}} = r_i \right.$$



$$g_i = \frac{m_i}{m_{\text{см}}} = \frac{\rho_i V_i}{\rho_{\text{см}} V_{\text{см}}} = \frac{\mu_i}{\mu_{\text{см}}} r_i = \frac{R_{\text{см}}}{R_i} r_i$$

$$r_i = g_i R_i / R_{\text{см}}$$

$$\sum r_i = \sum g_i R_i / R_{\text{см}}$$



**Парциальные давления.** Из закона Дальтона следует, что каждый газ, входящий в смесь, ведет себя так, как будто он один занимает весь объем; каждый газ, входящий в смесь, имеет свое парциальное давление, которое определяется следующим образом.

По закону Бойля-Мариотта, для смеси газов

$$p_1 V_{\text{см}} = p_{\text{см}} V_1; p_2 V_{\text{см}} = p_{\text{см}} V_2; \dots; p_n V_{\text{см}} = p_{\text{см}} V_n$$
$$\frac{p_1}{p_{\text{см}}} = \frac{V_1}{V_{\text{см}}} = r_1; \frac{p_2}{p_{\text{см}}} = \frac{V_2}{V_{\text{см}}} = r_2; \dots; \frac{p_n}{p_{\text{см}}} = \frac{V_n}{V_{\text{см}}} = r_n$$
$$p_1 = r_1 p_{\text{см}}; p_2 = r_2 p_{\text{см}}; \dots; p_n = r_n p_{\text{см}}$$



$$p_2 = g_2 \frac{\mu_{\text{см}}}{\mu_2} p_{\text{см}} = g_2 \frac{R_2}{R_{\text{см}}} p_{\text{см}};$$

$$p_1 = g_1 \frac{\mu_{\text{см}}}{\mu_1} p_{\text{см}} = g_1 \frac{R_1}{R_{\text{см}}} p_{\text{см}};$$

.....

$$p_n = g_n \frac{\mu_{\text{см}}}{\mu_n} p_{\text{см}} = g_n \frac{R_n}{R_{\text{см}}} p_{\text{см}}.$$



## Задача №1

Объемный состав газообразного топлива следующий:  $\text{H}_2 = 25 \%$ ,  $\text{CH}_4 = 75 \%$ . Определить среднюю молекулярную массу и газовую постоянную смеси.



## Задача №2

Объемный состав продуктов сгорания  $\text{CO}_2 = 12,3 \%$ ;  $\text{O}_2 = 7,2 \%$ ;  
 $\text{N}_2 = 80,5 \%$ . Определить плотность и удельный объем смеси при  $t = 800$   
 $^\circ\text{C}$  и  $P_{\text{бар}} = 755$  мм рт. ст.



### Задача №3

В резервуаре емкостью  $V = 140 \text{ м}^3$  находится светильный газ при давлении  $P = 4 \text{ ат}$  и температуре  $t = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Объемный состав газа  $\text{H}_2 = 46 \text{ } \%$ ;  $\text{CH}_4 = 32 \text{ } \%$ ;  $\text{CO} = 15 \text{ } \%$ ;  $\text{N}_2 = 7 \text{ } \%$ . После израсходования некоторого количества газа давление его понизилось до  $3,1 \text{ ат}$ , а температура упала до  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить массу израсходованного газа.



## Задача №4

Массовый состав смеси следующий:  $\text{CO}_2 = 18 \%$ ;  $\text{O}_2 = n \%$ ;  
 $\text{N}_2 = 67 \%$ . До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы при  $t = 180 \text{ }^\circ\text{C}$  8 кг ее занимали объем 40 л?



## Задача №5

Анализ продуктов сгорания топлива показал следующий объемный состав:  $\text{CO}_2 = 12,2 \%$ ;  $\text{O}_2 = 7,1 \%$ ;  $\text{CO} = n \%$ ;  $\text{N}_2 = 65,7 \%$ .  
Найти массовый состав газов, составляющих продукты сгорания.



## Задача №6

В резервуаре объемом  $10 \text{ м}^3$  находится газовая смесь, состоящая из 15 кг кислорода и 25 кг азота. Температура смеси равна  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить парциальные давления компонентов смеси.