

Тема 1. ГАЗООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА

ВАРИАНТ	А	Б	В	МАССОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ, %			T ₁ , К	T ₂ , К	P ₂ , МПа
				А	Б	В			
5	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₅ H ₁₂	15	35	60	380	480	12

Задача №1. В таблице 1 приведен массовый состав (%) смеси газов А, Б, В. При давлении P₁ = 101325 Па и температуре T₁ (см. табл. 1) смесь подчиняется законам идеальных газов.

- Вычислите: а) объемный состав смеси;
 б) парциальные давления компонентов;
 в) объем 1 кг смеси.

1) **Решение.** В 1 кг смеси содержится:

$$m(\text{CH}_4) = 150 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; m(\text{C}_2\text{H}_6) = 350 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; m(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 600 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

$$M(\text{CH}_4) = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; M(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 72 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

Согласно уравнению это соответствует следующему числу молей:

$$v_{\text{CH}_4} = 150 \cdot 10^{-3} / 16,0 \cdot 10^{-3} = 9,37 \text{ молей};$$

$$v_{\text{C}_2\text{H}_6} = 350 \cdot 10^{-3} / 30,0 \cdot 10^{-3} = 11,66 \text{ молей};$$

$$v_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 600 \cdot 10^{-3} / 72,0 \cdot 10^{-3} = 8,33 \text{ молей}.$$

Общее число молей равно: $v_{\text{см}} = 9,37 + 11,66 + 8,33 = 29,36$ молей.

По уравнению молярные доли газов равны:

$$y_{\text{CH}_4} = 9,37 / 29,36 = 0,319;$$

$$y_{\text{C}_2\text{H}_6} = 11,66 / 29,36 = 0,397;$$

$$y_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 8,33 / 29,36 = 0,284.$$

Объемные концентрации идеальных газов (%) равны их молярным долям. Умноженным на 100 (1.8). Таким образом, объемный состав смеси следующий: метан – 31,9%; этан – 39,7%; гептан 28,4%.

2). Парциальные давления газов равны общему давлению газовой смеси, умноженному на молярную долю газа:

$$P_{\text{CH}_4} = P_{\text{см}} \cdot y_{\text{CH}_4} = 120000 \times 0,319 = \mathbf{38280 \text{ Па}};$$

$$P_{\text{C}_2\text{H}_6} = P_{\text{см}} \cdot y_{\text{C}_2\text{H}_6} = 120000 \times 0,397 = \mathbf{47640 \text{ Па}};$$

$$P_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 120000 \times 0,284 = \mathbf{34080 \text{ Па}}.$$

3) Объем 1 кг смеси вычисляется по уравнению Клапейрона-Менделеева (1.11):

$$V_{\text{см}} = v_{\text{см}} \frac{RT}{P_{\text{см}}} = (29,36 \times 8,314 \times 380) / 120000 = \mathbf{0,772 \text{ м}^3}.$$

Здесь $v_{\text{см}}$ – число молей газов в 1 кг смеси.

Задача №2. Вычислите плотность смеси при температуре T₂ и внешнем давлении P₂ (см. табл. 1). Критические параметры газов приведены в таблице 2. Коэффициент сжимаемости найдите по графику (рис. 1) и таблице 3.

Решение. При данных условиях (P_{см} больше P_{кр}) плотность реальных газов (ρ) рассчитывается по уравнению:

$$\rho_{\text{см}} = \frac{P_{\text{см}} M_{\text{см}}}{z_{\text{см}} RT}.$$

Для вычисления z_{см} выпишем из таблицы 1.2 критические параметры газов:

Газ	Критическая температура T _{кр} , К	Критическое давление P _{кр} , МПа
CH ₄	190,7	4,7
C ₂ H ₆	306,2	4,9
C ₅ H ₁₂	470,4	3,4

Молярные доли газов равны (см. задачу 1):

$$y_{\text{CH}_4} = 0,319; y_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,397; y_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 0,284.$$

По уравнениям вычислим псевдокритические параметры газовой смеси.

$$T_{\text{ПКР}} = T_{\text{кр}}(\text{CH}_4) \times y_{\text{CH}_4} + T_{\text{кр}}(\text{C}_2\text{H}_6) \times y_{\text{C}_2\text{H}_6} + T_{\text{кр}}(\text{C}_5\text{H}_{12}) \times y_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 190,7 \times 0,319 + 306,2 \times 0,397 + 470,4 \times 0,284 = 315,98 \text{ К};$$

$$P_{\text{ПКР}} = P_{\text{кр}}(\text{N}_2) \times y_{\text{N}_2} + P_{\text{кр}}(\text{CH}_4) \times y_{\text{CH}_4} + P_{\text{кр}}(\text{C}_3\text{H}_8) \times y_{\text{C}_3\text{H}_8} = 4,7 \times 0,087 + 4,9 \times 0,437 + 3,4 \times 0,476 = 4,12 \text{ МПа}$$

Приведенные критические параметры равны:

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{см}} / T_{\text{ПКР}} = 480 / 315,98 = 1,52; P_{\text{пр}} = P_{\text{см}} / P_{\text{ПКР}} = 12,0 / 4,12 = 2,9.$$

Коэффициент сжимаемости z_{см} находим по приведенным параметрам, используя график (см. рис. 1.1): z_{см} = **0,840**.

Средняя молярная масса газовой смеси равна :

$$M_{\text{см}} = M_{\text{CH}_4} \times y_{\text{CH}_4} + M_{\text{C}_2\text{H}_6} \times y_{\text{C}_2\text{H}_6} + M_{\text{C}_5\text{H}_{12}} \times y_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = (20,0 \times 0,319 + 30,0 \times 0,397 + 72,0 \times 0,284) \times 10^{-3} = 38,7 \times 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

Плотность газовой смеси будет равна:

$$\rho_{\text{см}} = \frac{P_{\text{см}} M_{\text{см}}}{z_{\text{см}} RT}.$$

$$\rho_{\text{см}} = (12,0 \times 10^6 \times 38,7 \times 10^{-3}) / (0,84 \times 8,314 \times 480) = \mathbf{1,33 \times 10^2 \text{ кг/м}^3}.$$

