

# Дисциплины читаемые кафедрой

- 1 Аналитическая химия и ФХМА.
- 2 Общая и неорганическая химия.
- 3 Органическая химия и основы биохимии.
- 4 Поверхностные явления и дисперсные системы.
- 5 Физическая химия.
- 6 Экология.
- 7 Инженерные расчеты физико-химических свойств веществ.
- 8 Промышленная экология.
- 9 Техническая химия. Химия нефти.
- 10 Общая химическая технология.
- 11 Процессы и аппараты химической технологии.
- 12 Системы управления химико-технологическими процессами.
- 13 Техническая термодинамика и теплотехника.
- 14 Моделирование в химической технологии и расчет реакторов.
- 15 Кинетика и катализ в промышленности.
- 16 Основы научных исследований и проектирования.
- 17 Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов.
- 18 Химическая технология топлива и углеродных материалов.
- 19 Технология нефти и природных газов

# 1 ИЕРАРХИЯ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

7 СОЦИАЛЬНЫЕ

7 Развитие общества  
в пространстве и во времени

6 БИОЛОГИЧЕСКИЕ

6 Биологическое превращение вещества  
в пространстве и во времени

5 ХИМИЧЕСКИЕ

5 Химическое превращение вещества  
в пространстве и во времени

4 МАССООБМЕННЫЕ

4 Перемещение массы вещества  
в пространстве и во времени

3 ТЕПЛОВЫЕ

3 Перемещение тепла  
в пространстве и во времени

2 ГЕТЕРОГЕННЫЕ

2 Перемещение двух или более фаз  
в пространстве и во времени

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ

1 Перемещение тел в  
пространстве и во времени



## **4** МАССООБМЕННЫЕ

4 Перемещение массы вещества  
в пространстве и во времени

## **3** ТЕПЛОВЫЕ

3 Перемещение тепла  
в пространстве и во времени

## **2** ГЕТЕРОГЕННЫЕ

2 Перемещение двух или более фаз  
в пространстве и во времени

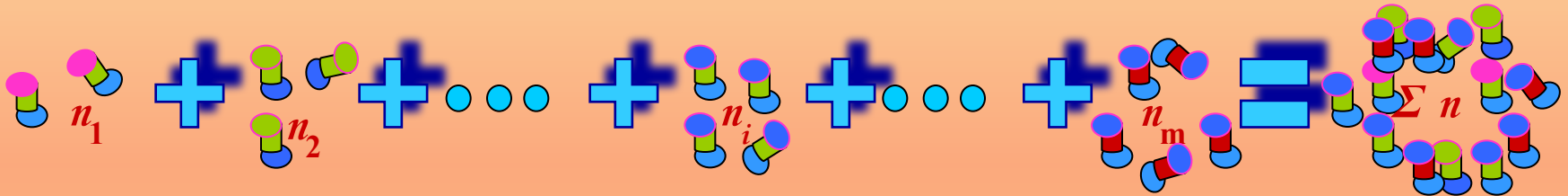
## **1** МЕХАНИЧЕСКИЕ

1 Перемещение тел в  
пространстве и во времени

# 2. ВЫРАЖЕНИЕ СОСТАВОВ ФАЗ

## 2.1 Мольная доля

Обозначим через  $n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_m$  – количество молей соответственно  $1, 2, \dots, i, \dots, m$  компонента в смеси.



То есть 
$$n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_m = \Sigma n. \quad (2.1)$$

Поделим уравнение (2.1) на  $\Sigma n$ , получим

$$n_1/\Sigma n + n_2/\Sigma n + \dots + n_i/\Sigma n + \dots + n_m/\Sigma n = 1. \quad (2.2)$$

Обозначим через

$$x_i = n_i/\Sigma n, \quad (2.3)$$

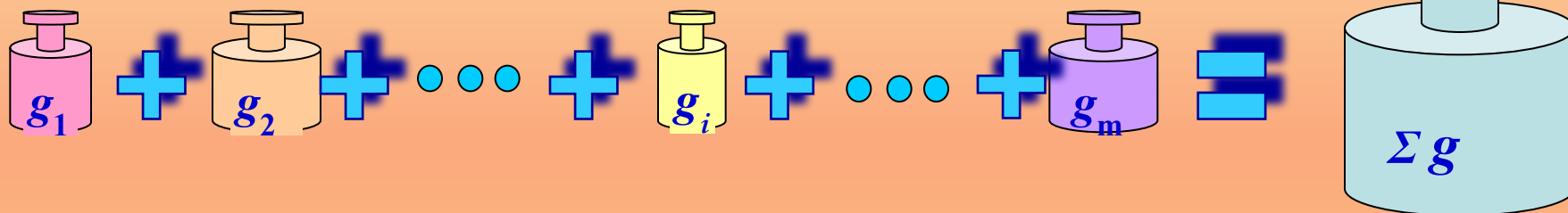
где  $x_i$  - мольная доля  $i$ -ого компонента в смеси.

Очевидно 
$$x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_m = 1. \quad (2.4)$$

## 2. ВЫРАЖЕНИЕ СОСТАВОВ ФАЗ

### 2.2 Массовая доля

Обозначим через  $g_1, g_2, \dots, g_i, \dots, g_m$  – масса соответственно  $1, 2, \dots, i, \dots, m$  компонента в смеси.



То есть 
$$g_1 + g_2 + \dots + g_i + \dots + g_m = \Sigma g. \quad (2.5)$$

Поделим уравнение (2.5) на  $\Sigma g$ , получим

$$g_1/\Sigma g + g_2/\Sigma g + \dots + g_i/\Sigma g + \dots + g_m/\Sigma g = 1. \quad (2.6)$$

Обозначим через

$$x_i^m = g_i / \Sigma g, \quad (2.7)$$

где  $x_i^m$  - массовая доля  $i$ -ого компонента в смеси.

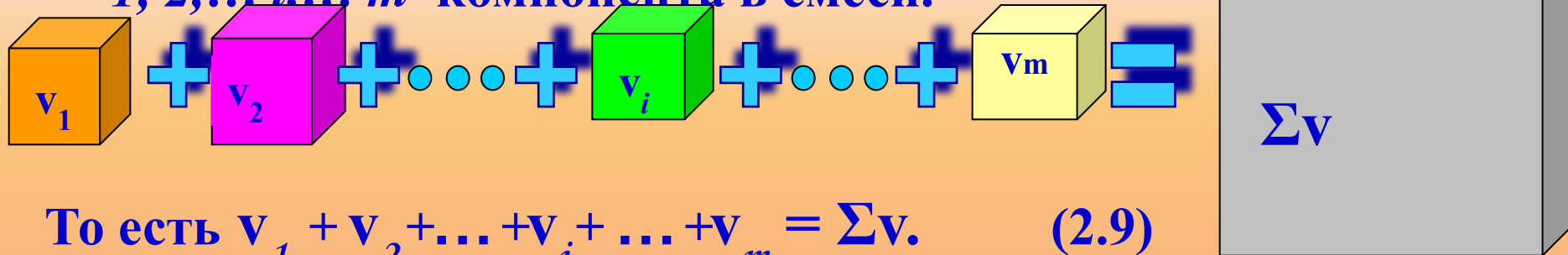
Очевидно 
$$x_1^m + x_2^m + \dots + x_i^m + \dots + x_m^m = 1. \quad (2.8)$$

## 2 ВЫРАЖЕНИЕ СОСТАВОВ ФАЗ

### 2.3 Объёмная доля

Обозначим через  $v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_m$  – объёмы соответственно

$1, 2, \dots, i, \dots, m$  компонента в смеси.



Поделим уравнение (2.9) на  $\Sigma v$ , получим

$$\frac{v_1}{\Sigma v} + \frac{v_2}{\Sigma v} + \dots + \frac{v_i}{\Sigma v} + \dots + \frac{v_m}{\Sigma v} = 1. \quad (2.10)$$

Обозначим через

$$x_i^o = \frac{v_i}{\Sigma v}, \quad (2.11)$$

где  $x_i^o$  - объёмная доля  $i$ -ого компонента в смеси.

$$\text{Тогда } x_1^o + x_2^o + \dots + x_i^o + \dots + x_m^o = 1 \quad (2.12)$$

# 3 Пересчёт концентраций

## ОБОСНОВАНИЕ

$$x_i = n_i / \sum n$$

Мольные доли используются при технологических расчётах, а технологические расчёты используют законы справедливые для мольных долей.

$$x_i^m = g_i / \sum g$$

Массовые доли используются при покупке и продаже сырья и продуктов.

$$x_i^o = v_i / \sum v$$

Объёмные доли используются при расчётах размеров технологического оборудования.

### 3 Пересчёт концентраций

#### 3.1 Из мольных долей в массовые и обратно

Так как по уравнению (2.7) имеем

$$x_i^m = g_i / \Sigma g$$

Определим значение

$$g_i = M_i \cdot n_i$$

из

$$M_i = g_i / n_i$$

Подставим его в уравнение (2.7), предварительно,

поделив и помножив последнее на  $\Sigma n$

*Единица деленная на  
молекулярную массу смеси*

$$x_i^m = \frac{g_i \cdot \Sigma n}{\Sigma g \cdot \Sigma n}$$

*Мольная доля i-го  
компонента в смеси*

После преобразований получим пересчёт:

Из мольных долей в массовые

$$x_i^m = M_i \cdot x_i / M_{см} \quad (2.13)$$

и обратно

$$x_i = M_{см} \cdot x_i^m / M_i \quad (2.14)$$



## 3.1 Из мольных долей в массовые и обратно

### 3.1.1 Расчет молекулярной массы смеси при известной мольной доле для уравнения (2.13)

Так как

$$g_i = M_i \cdot n_i$$

, а

$$\Sigma g = g_1 + g_2 + \dots + g_i + \dots + g_n$$

То подставив их в

$$M_{\text{см}} = \Sigma g / \Sigma n$$

Получим

$$M_{\text{см}} = \Sigma (M_i \cdot n_i) / \Sigma n$$

Каждое  $n_i$  поделим на  $\Sigma n$ , тогда

$$M_{\text{см}} = \Sigma (M_i \cdot (n_i / \Sigma n))$$

Или получим

$$M_{\text{см}} = \Sigma (M_i \cdot x_i)$$

(2.15)

### 3.1 Из мольных долей в массовые и обратно

#### 3.1.2 Расчет молекулярной массы смеси при известной массовой доле для уравнения (2.14)

Так как

$$n_i = g_i / M_i, \quad \text{а} \quad \Sigma n = n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n$$

То подставив их в

$$1/M_{\text{см}} = \Sigma n / \Sigma g,$$

получим

$$1/M_{\text{см}} = \Sigma (g_i / M_i) / (\Sigma g).$$

Каждое  $g_i$  поделим на  $\Sigma g$ , тогда

$$1/M_{\text{см}} = \Sigma (g_i / (\Sigma g) / M_i)$$

получим

$$1/M_{\text{см}} = \Sigma (x_i^m / M_i)$$

или

$$M_{\text{см}} = 1 / \Sigma (x_i^m / M_i) \quad (2.16)$$

### 3 Пересчёт концентраций

#### 3.2 Из объёмных долей в массовые и обратно

Так как по уравнению (2.7)

$$x^m_i = g_i / \Sigma g,$$

Определим значение

$$g_i = \rho_i \cdot v_i,$$

$$\rho_i = g_i / v_i,$$

Подставим его в уравнение (2.7), предварительно

поделив и помножив последнее на  $\Sigma v$

*Единица деленная на  
плотность смеси*

$$x^m_i = \frac{g_i v_i \cdot \Sigma}{\Sigma g \cdot \Sigma v}$$

*Объемная доля i-го  
компонента в смеси*

После преобразований получим пересчёт:

из объёмных долей в массовые

$$x^m_i = \rho_i x^o_i / \rho_{см} \quad (2.17)$$

и обратно

$$x^o_i = \rho_{см} \cdot x^m_i / \rho_i \quad (2.18)$$

## 3.2 Из объёмных долей в массовые и обратно

### 3.2.1 Расчет плотности смеси при известной объемной доле для уравнения 2.17

Так как

$$g_i = \rho_i \cdot v_i$$

, а

$$\Sigma g = g_1 + g_2 + \dots + g_i + \dots + g_n,$$

то подставив их в

$$\rho_{\text{см}} = \Sigma g / \Sigma v,$$

получим

$$\rho_{\text{см}} = \Sigma (\rho_i \cdot v_i) / \Sigma v.$$

Каждое  $v_i$  поделим на  $\Sigma v$ , тогда

$$\rho_{\text{см}} = \Sigma (\rho_i \cdot (v_i / \Sigma v)),$$

или получим

$$\rho_{\text{см}} = \Sigma (\rho_i \cdot x_i^0)$$

(2.19)

## 3.2 Из объёмных долей в массовые и обратно

### 3.2.2 Расчет плотности смеси при известной массовой доле для уравнения 2.18

Так как

$$v_i = g_i / \rho_i, \text{ а}$$

$$\Sigma v = v_1 + v_2 + \dots + v_i + \dots + v_n$$

То подставив их в

$$1/\rho_{\text{см}} = \Sigma v / \Sigma g_i$$

Получим

$$1/\rho_{\text{см}} = \Sigma (g_i / \rho_i) / \Sigma g$$

Каждое  $g_i$  поделим на  $\Sigma g$ , тогда

$$1/\rho_{\text{см}} = \Sigma ((g / \Sigma g) / \rho_i)$$

Или получим

$$\rho_{\text{см}} = 1 / \Sigma (x_i / \rho_i)$$

(2.20)

## Пример 3.1 к пересчёту концентраций

Смесь аммиака с воздухом имеет массовый состав  $y_i^m$ . Вычислить состав этой смеси в объемных и мольных долях, молекулярную массу смеси, а также плотность газа, если смесь находится при давлении 196,2 кПа и температуре 30 °С.

| Компо-<br>ненты | $y_i^m$ | $M_i$ | $y_i^m / M_i$ | $y_i$  | $\rho_i^0 = M_i / 22,4$ | $y_i^m / \rho_i^0$ | $y_i^0$ |
|-----------------|---------|-------|---------------|--------|-------------------------|--------------------|---------|
| O <sub>2</sub>  | 0,211   | 32    | 0,0065938     | 0,1788 | 1,4286                  | 0,1477             | 0,1788  |
| N <sub>2</sub>  | 0,698   | 28    | 0,0249286     | 0,6760 | 1,2500                  | 0,5584             | 0,6760  |
| NH <sub>3</sub> | 0,091   | 17    | 0,0053529     | 0,1452 | 0,7689                  | 0,1199             | 0,1452  |
| $\Sigma$        | 1,000   |       | 0,0368753     | 1,0000 |                         | 0,8260             | 1,0000  |

**Решение.**

- 1 Мольную долю найдем из уравнения (2.14) с помощью уравнения (2.16).
- 2 Молекулярная масса газа равна  $M_{см} = 1 / 0,0368753 = 27,1185$ .
- 3 Для индивидуального компонента в газе  $\rho_i^0 = M_i / 22,4$ .
- 4 Объемную долю найдем по уравнению (2.18) с помощью уравнения (2.20).
- 5 Плотность смеси газа равна  $\rho_{см}^0 = 1 / \Sigma(y_i^m / \rho_i^0) = 1,2106$
- 6 Плотность газа при условиях задачи равна  $\rho_{см} = \rho_{см}^0 \cdot P / P_0 \cdot T_0 / T = 1,8457$