

## Практическое занятие № 6

### Способы выражения концентрации раствора

Концентрацией раствора называется количество растворенного вещества, содержащееся в определенном весовом или объемном количестве раствора или растворителя.

**Пример 1.** Вычислите: а) процентную ( $C\%$ ), б) молярную ( $C_M$ ), в) нормальную ( $C_n$ ) и г) моляльную ( $C_m$ ) концентрации раствора  $H_3PO_4$ , полученного при растворении 18 г кислоты в  $282\text{ см}^3$  воды, если плотность его  $1,031\text{ г/см}^3$ . Чему равен титр ( $T$ ) этого раствора?

Решение:

а) Весовая процентная концентрация доказывает число граммов (единиц массы) вещества, содержащееся в 100 г (единиц массы) раствора. Так как массу  $282\text{ см}^3$  воды можно принять равной 282 г, то масса полученного раствора  $18 + 282 = 300$  г и, следовательно,

$$C\% = \frac{100 \cdot 18}{300} = 6\%$$

б) мольно-объемная концентрация или молярность показывает число грамм-молекул растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора. Масса 1 литра раствора 1031 г. Массу кислоты в литре раствора находим из соотношения

$$x = \frac{1031 \cdot 18}{300} = 61,86$$

Молярность раствора получим делением числа граммов  $H_3PO_4$  в 1 л раствора на молекулярный вес  $H_3PO_4$ :

$$C_M = \frac{61,86}{97,99} = 0,63M$$

в) нормальная концентрация, или нормальность, показывает число грамм-эквивалентов растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора.

Так как  $1\text{ г-экв } H_3PO_4 = \frac{M}{3} = \frac{97,99}{3} = 32,66\text{ г}$ ,

$$\text{то } C_n = \frac{61,86}{32,66} = 1,89\text{ н.};$$

г) мольно-весовая концентрация, или моляльность, показывает число грамм-молекул растворенного вещества, содержащееся в 1000 г растворителя. Массу  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в 1000 г растворителя находим из соотношения

$$x = \frac{282 - 18}{1000 - x} \cdot \frac{1000 \cdot 18}{282} = 63,83$$

Отсюда  $C_m = \frac{63,83}{97,99} = 0,65 \text{ м}$ .

Титром раствора называется количество граммов растворенного вещества в  $1 \text{ см}^3$  (мл) раствора. Так как в 1 л раствора содержится 61,86 г кислоты, то

$$T = \frac{61,86}{1000} = 0,06186 \text{ г/см}^3.$$

Зная нормальность раствора и эквивалент ( $\text{Э}$ ) растворенного вещества, титр легко найти по формуле

$$T = \frac{C_n \cdot \text{Э}}{1000}$$

**Пример 2.** На нейтрализацию  $50 \text{ см}^3$  раствора кислоты израсходовано  $25 \text{ см}^3$  0,5 н. раствора щелочи. Чему равна формальность кислоты?

*Решение.* Так как вещества взаимодействуют между собой в эквивалентных количествах, то растворы равной нормальности реагируют в равных объемах. При разных формальностях объемы растворов реагирующих веществ обратно пропорциональны их нормальностям, т. е.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_{n,2}}{C_{n,1}}, \text{ или } V_1 C_{n,1} = V_2 C_{n,2};$$

$$50 C_{n,1} = 25 \cdot 0,5, \text{ откуда } C_{n,1} = \frac{25 \cdot 0,5}{50} = 0,25 \text{ н.}$$

**Пример 3.** К 1 л 10%-ного раствора КОН (плотность  $1,092 \text{ г/см}^3$ ) прибавили 0,5 л 5%-ного раствора КОН (плотность  $1,045 \text{ г/см}^3$ ). Объем смеси довели до 2 литров. Вычислите молярную концентрацию полученного раствора.

*Решение.* Масса одного литра 10%-ного раствора КОН 1092 г. В этом растворе содержится

$$\frac{1092 \cdot 10}{100} = 109,2 \text{ г КОН}$$

Масса 0,5 л 5%-ного раствора  $1045 \cdot 0,5 = 522,5 \text{ г}$ . В этом растворе содержится

$$\frac{525,5 \cdot 5}{100} = 26,125 \text{ г КОН}$$

В общем объеме полученного раствора (2л) масса КОН составляет  $109,2 + 26,125 = 135,325$  г. Отсюда молярность этого раствора

$$C_M = \frac{135,325}{2 \cdot 56,1} = 1,2M$$

где 56,1 – молекулярный вес КОН.

**Пример 4.** Какой объем 96%-ной кислоты, плотность которой 1,84 г/см<sup>3</sup>, потребуется для приготовления 3 л 0,4 н. раствора?

*Решение.* Эквивалент  $H_2SO_4 = \frac{M}{2} = \frac{98,02}{2} = 49,04$ .

Для приготовления 3 л 0,4 н. раствора требуется  $49,04 \cdot 0,4 \cdot 3 = 58,848$  г. Масса 1 см<sup>3</sup> 96%-ной кислоты 1,84 г. В этом растворе содержится

$$\frac{1,84 \cdot 96}{100} = 1,766 \text{ г } H_2SO_4$$

Следовательно, для приготовления 3 л 0,4 н. раствора надо взять  $58,848 : 1,766 = 33,32$  см<sup>3</sup> этой кислоты.

141. Вычислите молярную и нормальную концентрации 20%-ного раствора хлорида кальция, плотность которого 1,178 г/см<sup>3</sup>. *Ответ:* 2,1 М; 4,2 н.

142. Чему равна нормальность 30%-ного раствора NaOH, плотность которого 1,328 г/см<sup>3</sup>? К 1 л этого раствора прибавили 5 л воды. Вычислите процентную концентрацию полученного раствора. *Ответ:* 9,96 н.; 6,3%.

143. К 3 литрам 10%-ного раствора HNO<sub>3</sub>, плотность которого 1,054 г/см<sup>3</sup>, прибавили 5 л 2%-ного раствора той же кислоты с плотностью 1,009 г/см<sup>3</sup>. Вычислите процентную и молярную концентрации полученного раствора, если считать, что его объем равен 8 л. *Ответ:* 5,0%; 0,82 М.

144. Вычислите нормальную и молярную концентрации 20,8%-ного раствора HNO<sub>3</sub>, плотность которого 1,12 г/см<sup>3</sup>. Сколько граммов кислоты содержится в 4 л этого раствора? *Ответ:* 3,70 н.; 4,17 м; 931,8 г.

145. Вычислите молярную, нормальную и молярную концентрации 16%-ного раствора хлорида алюминия, плотность которого 1,149 г/см<sup>3</sup>. *Ответ:* 1,38 М; 4,14 н.; 1,43 м.

146. Сколько и какого вещества останется в избытке, если к 75 см<sup>3</sup> 0,3 н. раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> прибавить 125 см<sup>3</sup> 0,2 н. раствора КОН? *Ответ:*

0,14 г КОН.

147. Для осаждения в виде  $\text{AgCl}$  всего серебра, содержащегося в  $100 \text{ см}^3$  раствора  $\text{AgNO}_3$ , потребовалось  $50 \text{ см}^3$  0,2 н. раствора  $\text{HCl}$ . Чему равна нормальность раствора  $\text{AgNO}_3$ ? Сколько граммов  $\text{AgCl}$  выпало в осадок?  
*Ответ:* 0,1 н.; 1,433 г.

148. Какой объем 20,01%-ного раствора  $\text{HCl}$  (плотность  $1,100 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 1 л 10,17%-ного раствора (плотность  $1,050 \text{ г/см}^3$ )? *Ответ:*  $485,38 \text{ см}^3$ .

149. Смешали  $10 \text{ см}^3$  10%-ного раствора  $\text{HNO}_3$  (плотность  $1,056 \text{ г/см}^3$ ) и  $100 \text{ см}^3$  30%-ного раствора  $\text{HNO}_3$  (плотность  $1,184 \text{ г/см}^3$ ). Вычислите процентную концентрацию полученного раствора. *Ответ:* 28,38%.

150. Какой объем 50%-ного раствора КОН (плотность  $1,538 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 3 л 6%-ного раствора (плотность  $1,048 \text{ г/см}^3$ )? *Ответ:*  $245,5 \text{ см}^3$ .

151. Какой объем 10%-ного раствора карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (плотность  $1,105 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 5 л 2%-ного раствора (плотность  $1,02 \text{ г/см}^3$ )? *Ответ:*  $923,1 \text{ см}^3$ .

152. На нейтрализацию  $31 \text{ см}^3$  0,16 н. раствора щелочи требуется  $217 \text{ см}^3$  раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Чему равны нормальность и титр раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?  
*Ответ:* 0,023 н.;  $1,127 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ .

153. Какой объем 0,3 н. раствора кислоты требуется для нейтрализации раствора, содержащего 0,32 г  $\text{NaOH}$  в  $40 \text{ см}^3$ ? *Ответ:*  $26,6 \text{ см}^3$ .

154. На нейтрализацию 1 л раствора, содержащего 1,4 г КОН, требуется  $50 \text{ см}^3$  раствора кислоты. Вычислите нормальность раствора кислоты. *Ответ:* 0,53 н.

155. Сколько граммов  $\text{HNO}_3$  содержалось в растворе, если на нейтрализацию его потребовалось  $35 \text{ см}^3$  0,4 н. раствора  $\text{NaOH}$ ? Чему равен титр раствора  $\text{NaOH}$ ? *Ответ:* 0,882 г,  $0,016 \text{ г/см}^3$ .

156. Сколько граммов  $\text{NaNO}_3$  нужно растворить в 400 г воды, чтобы приготовить 20%-ный раствор? *Ответ:* 100 г.

157. Смешали 300 г 20%-ного раствора и 500 г 40%-ного раствора  $\text{NaCl}$ . Чему равна процентная концентрация полученного раствора? *Ответ:* 32,5%.

158. Смешали 247 г 62%-ного и 145 г 18%-ного растворов серной кислоты. Какова процентная концентрация раствора после смешения?  
*Ответ:* 45,72%.

159. Из 700 г 60%-ной серной кислоты выпариванием удалили 200 г воды. Чему равна концентрация оставшегося раствора? *Ответ:* 84%.

160. Из 10 кг 20%-ного раствора при охлаждении выделилось 400 г соли. Чему равна процентная концентрация охлажденного раствора?  
*Ответ:* 16,7%.