

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 см³ воды, если плотность его 1,031 г/см³. 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 см³ 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 г-эquiv $H_3PO_4 = \frac{M}{3} = \frac{97,99}{3} = 32,66$ 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 H_3PO_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 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 (Э) растворенного вещества, титр легко найти по формуле

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

Пример 2. На нейтрализацию 50 см^3 раствора кислоты израсходовано 25 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/см³, 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 см³ 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 $58,848 : 1,766 = 33,32$ см³ этой кислоты.

141. Вычислите молярную и нормальную концентрации 20%-ного раствора хлорида кальция, плотность которого 1,178 г/см³. *Ответ:* 2,1 М; 4,2 н.

142. Чему равна нормальность 30%-ного раствора NaOH, плотность которого 1,328 г/см³? 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 HNO₃, плотность которого 1,054 г/см³, прибавили 5 л 2%-ного раствора той же кислоты с плотностью 1,009 г/см³. 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 HNO₃, плотность которого 1,12 г/см³. 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/см³. *Ответ:* 1,38 М; 4,14 н.; 1,43 м.

146. Сколько и какого вещества останется в избытке, если к 75 см³ 0,3 н. раствора H₂SO₄ прибавить 125 см³ 0,2 н. раствора КОН? *Ответ:*

0,14 г КОН.

147. Для осаждения в виде AgCl всего серебра, содержащегося в 100 см^3 раствора AgNO_3 , потребовалось 50 см^3 0,2 н. раствора HCl . Чему равна нормальность раствора AgNO_3 ? Сколько граммов AgCl выпало в осадок?
Ответ: 0,1 н.; 1,433 г.

148. Какой объем 20,01%-ного раствора 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 см^3 10%-ного раствора HNO_3 (плотность $1,056 \text{ г/см}^3$) и 100 см^3 30%-ного раствора 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 Na_2CO_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 см^3 0,16 н. раствора щелочи требуется 217 см^3 раствора H_2SO_4 . Чему равны нормальность и титр раствора H_2SO_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 NaOH в 40 см^3 ? *Ответ:* $26,6 \text{ см}^3$.

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

155. Сколько граммов HNO_3 содержалось в растворе, если на нейтрализацию его потребовалось 35 см^3 0,4 н. раствора NaOH ? Чему равен титр раствора NaOH ? *Ответ:* 0,882 г, $0,016 \text{ г/см}^3$.

156. Сколько граммов 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 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%.