

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Факультет естественных наук и природных ресурсов
Кафедра химии и экологии

КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Методические указания к самостоятельной работе студентов

Великий Новгород
2006 г

Концентрации растворов: Методические указания к самостоятельной работе студентов / Сост. В.П. Кузьмичева, Г.Н.Олисова, Н.И.Ульянова. – Великий Новгород: НовГУ, 2006.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Расчёт массовой доли растворённого вещества.....	4
1. 1. Вычисление массы растворённого вещества или растворителя по массе раствора.....	5
1. 2. Вычисление массы раствора определённой концентрации по заданной массе растворённого вещества или растворителя.....	6
1. 3. Разбавление и концентрирование растворов.....	7
1. 4. Расчёты, связанные со смешиванием растворов.....	9
1. 5. Задания для самостоятельной работы.....	11
2. Молярная концентрация.....	14
2. 1. Определение молярной концентрации вещества $C(X)$ по массе вещества и массы вещества по заданной молярной концентрации.....	15
2. 2. Расчёты, связанные с разбавлением и концентрированием растворов.....	17
2. 3. Расчёты, связанные со смешиванием растворов различной концентрации.....	17
2. 4. Расчёты материального баланса химических процессов: избыток (недостаток) реагентов.....	19
2. 5. Задания для самостоятельной работы.....	21
Литература.....	25

1. РАСЧЕТ МАССОВОЙ ДОЛИ РАСТВОРЕННОГО ВЕЩЕСТВА

Пример 1. Вычислить массовую долю хлорида натрия в растворе, если 40 г его растворено в 280 мл воды.

Решение:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(p - p_a)}$$

Масса раствора $m(p - p_a) = m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 280 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 280 \text{ г,}$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{40}{40 + 280} = 0,125 \text{ или } 12,5\%$$

Ответ: $\omega(\text{NaCl}) = 0,125$ или 12,5%.

Пример 2. В 258,3 г воды растворили 41,7 г кристаллогидрата $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Определить массовую долю FeSO_4 в полученном растворе.

Решение:

$$\omega(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{m(p - p_a)}$$

Сначала рассчитываем массу раствора:

$$m(p - p_a) = m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 41,7 + 258,3 = 300 \text{ г}$$

Далее определяем массу FeSO_4 :

$$\begin{aligned} m(\text{FeSO}_4) &= n(\text{FeSO}_4) \cdot M(\text{FeSO}_4) = n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{FeSO}_4) = \\ &= \frac{m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} \cdot M(\text{FeSO}_4) = \frac{41,7}{278} \cdot 152 = 22,8 \text{ г,} \end{aligned}$$

$$\omega(\text{FeSO}_4) = \frac{22,8}{300} = 0,076 \text{ или } 7,6\%$$

Ответ: $\omega(\text{FeSO}_4) = 0,076$ или 7,6%.

Пример 3. Определить массовую долю хлороводородной кислоты, если в 1 л воды растворили 350 л HCl (н.у.).

Решение:

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m(p - p_a)}$$

Массу HCl определяем по формуле:

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl})}{V_M} \cdot M(\text{HCl}) = \frac{350}{22,4} \cdot 36,5 = 570,3 \text{ г.}$$

Масса раствора $m(p - p_a) = m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{HCl}) + V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O})$

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{570,3}{1000 \cdot 1 + 570,3} = 0,363 \text{ или } 36,3\%$$

Ответ: $\omega(\text{HCl}) = 0,363$ или 36,3%.

Пример 4. Определите объем хлороводорода, измеренного при н.у., и объем воды, необходимые для приготовления 500 г раствора с массовой долей HCl 20%.

Решение:

Находим массу HCl:

$$m(\text{HCl}) = \omega(\text{HCl}) \cdot m(\text{р-ра}) = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ г.}$$

Рассчитываем объем HCl:

$$V(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot V_M = \frac{100 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 61,37 \text{ л.}$$

Вычисляем $m(\text{H}_2\text{O})$:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{HCl}) = 500 - 100 = 400 \text{ г.}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = \frac{400 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 400 \text{ мл}$$

Ответ: $V(\text{HCl}) = 61,37 \text{ л}$, $V(\text{H}_2\text{O}) = 400 \text{ мл}$.

1. 1. Вычисление массы растворенного вещества или растворителя по массе раствора

Пример 5. Определите массу нитрата натрия и воды, необходимые для приготовления 800 г раствора с $\omega(\text{NaNO}_3) = 12\%$.

Решение:

Масса растворенной соли:

$$m(\text{NaNO}_3) = \omega(\text{NaNO}_3) \cdot m(\text{р-ра}) = 0,12 \cdot 800 = 96 \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{NaNO}_3) + m(\text{H}_2\text{O})$$

Отсюда

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{NaNO}_3) = 800 - 96 = 704 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{NaNO}_3) = 96 \text{ г}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 704 \text{ г}$.

Пример 6. Определите массу кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и воды, необходимые для приготовления 0,4 кг раствора с $\omega(\text{CuSO}_4) = 8\%$.

Решение (см. пример 2):

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{р-ра})} = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)}$$

Находим

$$m(\text{CuSO}_4) = \omega(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{p-ра}) = 0,08 \cdot 400 = 32 \text{ г.}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{32 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

Отсюда $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ г}$

Масса воды $m(\text{H}_2\text{O}) = 400 - 50 = 350 \text{ г}$

Ответ: $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 350 \text{ г}$.

1. 2. Вычисление массы раствора определенной концентрации по заданной массе растворенного вещества или растворителя

Пример 7. Определить массу раствора с массовой долей K_2SO_4 10%, который можно приготовить из 200 г воды и сульфата калия.

Решение:

$$m(\text{p-ра}) = \frac{m(\text{X})}{\omega(\text{X})}$$

Из условия задачи $m(\text{K}_2\text{SO}_4)$ неизвестна, но известна масса воды, а поскольку вода – один из компонентов раствора, то:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - \omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100 - 10 = 90\%$$

$$m(\text{p-ра}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\omega(\text{H}_2\text{O})} = \frac{200}{0,9} = 222,2 \text{ г.}$$

Ответ: можно приготовить 222,2 г раствора.

Пример 8. При растворении в 400 г воды некоторого количества $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ получен раствор с массовой долей CuSO_4 5%. Рассчитать массу использованного кристаллогидрата и массу полученного раствора.

Решение (см. примеры 2, 6):

$$m(\text{p-ра}) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{\omega(\text{CuSO}_4)} = \frac{n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{\omega(\text{CuSO}_4)}$$

В этом уравнении неизвестны $m(\text{p-ра})$ и $m(\text{CuSO}_4)$, но

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + 400$$

Таким образом, неизвестны две величины: $m(\text{p-ра})$ и $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$.

$$m(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4)$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}, M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль.}$$

Подставим эти величины в исходную формулу:

$$400 + n(\text{CuSO}_4) \cdot 250 = \frac{n(\text{CuSO}_4) \cdot 160}{0,05}$$

Решаем уравнение относительно $n(\text{CuSO}_4)$:

$$20 + 0,05 \cdot 250 \cdot n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) \cdot 160,$$

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{20}{147,5} = 0,136 \text{ моль.}$$

Отсюда

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,136 \cdot 250 = 34 \text{ г,}$$

$$m(\text{р-ра}) = 400 + 34 = 434 \text{ г.}$$

Возможны и другие варианты решения этой задачи:

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{р-ра})} = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$$

В этом уравнении тоже два неизвестных – $m(\text{CuSO}_4)$ и $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$, но величину $m(\text{CuSO}_4)$ можно представить в виде $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot x$.

Здесь x – массовая доля CuSO_4 в кристаллогидрате, она равна:

$$x = \frac{M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{160}{250} = 0,64$$

С учетом исходных данных, теперь можно записать:

$$0,05 = \frac{0,64 \cdot m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{400 + m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$$

Решаем уравнение относительно $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$:

$$20 + 0,05 m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,66 \cdot m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 34 \text{ г.}$$

Находим $m(\text{р-ра}) = 400 + 34 = 434 \text{ г.}$

Ответ: для приготовления раствора используют 34 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, масса полученного раствора 434 г.

1. 3. Разбавление и концентрирование растворов

При решении задач, связанных с разбавлением и концентрированием растворов, следует помнить, что масса растворенного вещества остается неизменной, т.е. $m(X) = \text{const}$. Изменяется только масса растворителя и, соответственно, масса раствора.

Пример 9. К 50 мл раствора H_2SO_4 ($\omega_1 = 48\%$, $\rho = 1,38 \text{ г/мл}$) добавили 950 мл воды. Определить массовую долю H_2SO_4 в полученном растворе.

Решение:

$$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_2(\text{р-ра})}$$

$$m_2(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 950 \cdot 1 = 950 \text{ г}$$

$$m_1(\text{р-ра}) = V_1(\text{р-ра}) \cdot \rho(\text{р-ра}) = 50 \cdot 1,38 = 69 \text{ г}$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_1(\text{p-ра}) \cdot \omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 69 \cdot 0,48 = 33,12 \text{ г}$$

$$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{33,12}{69 + 950} = 0,032 \text{ или } 3,2\%$$

Ответ: $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4)$ в новом растворе 0,032 или 3,2%.

Пример 10. Какой объем воды необходимо добавить к 100 мл раствора азотной кислоты ($\rho = 1,1$ г/мл, $\omega_1 = 20\%$), чтобы получить раствор HNO_3 с $\omega_2 = 5\%$?

Решение:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_2(\text{p-ра}) - m_1(\text{p-ра})$$

$$m_1(\text{p-ра}) = V_1(\text{p-ра}) \cdot \rho(\text{p-ра}) = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{ г}$$

Масса искомого раствора определяется по формуле:

$$m_2(\text{p-ра}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega_2(\text{HNO}_3)}$$

$$m(\text{HNO}_3) = m_1(\text{p-ра}) \cdot \omega_1(\text{p-ра}) = 110 \cdot 0,2 = 22 \text{ г.}$$

Отсюда масса нового раствора:

$$m_2(\text{p-ра}) = \frac{22}{0,05} = 440 \text{ г}$$

Масса и объем добавленной воды будут равны

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 440 - 110 = 330 \text{ г} \quad V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{330}{1} = 330 \text{ мл}$$

Ответ: следует добавить 330 мл воды.

Пример 11. Из 200 мл раствора сульфата меди ($\rho = 1,1$ г/мл, $\omega_1 = 8\%$) выпарили 100 мл воды. Определить $\omega(\text{CuSO}_4)$ в полученном растворе.

Решение:

$$\omega_2(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m_2(\text{p-ра})}$$

При концентрировании растворов масса растворенного вещества, как и при разбавлении, остается неизменной, т.е. $m(\text{CuSO}_4) = \text{const}$.

$$m(\text{CuSO}_4) = m_1(\text{p-ра}) \cdot \omega_1(\text{p-ра}) = 220 \cdot 0,08 = 17,6 \text{ г}$$

Масса раствора после упаривания уменьшилась на 100 г:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 100 \cdot 1 = 100 \text{ г}$$

Масса исходного раствора

$$m_1(\text{p-ра}) = V_1(\text{p-ра}) \cdot \rho(\text{p-ра}) = 200 \cdot 1,1 = 220 \text{ г}$$

Следовательно, $m_2(\text{p-ра}) = 220 - 100 = 120 \text{ г}$

Отсюда $\omega_2(\text{CuSO}_4) = \frac{17,6}{120} = 0,147$ или 14,7%

Ответ: $\omega(\text{CuSO}_4)$ в полученном растворе равна 0,147 или 14,7%.

1. 4. Расчеты, связанные со смешиванием растворов

При смешивании масса полученного раствора (m) равняется сумме масс смешиваемых растворов ($m_1, m_2, m_3 \dots m_n$):

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n, \text{ г}$$

Аналогично, масса растворенного вещества будет равна сумме масс веществ в смешиваемых растворах:

$$m(\text{X}) = m_1(\text{X}) + m_2(\text{X}) + m_3(\text{X}) + \dots + m_n(\text{X}), \text{ г}$$

Пример 12. Определить массовую долю HNO_3 в растворе, полученном при смешивании 100 мл раствора с $\omega_1(\text{HNO}_3) = 10\%$ ($\rho_1 = 1,05$ г/мл) и 150 мл раствора с $\omega_2(\text{HNO}_3) = 20\%$ ($\rho_2 = 1,12$ г/мл).

Решение:

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(p-pa)} = \frac{m_1(\text{HNO}_3) + m_2(\text{HNO}_3)}{m_1(p-pa) + m_2(p-pa)}$$

Находим

$$m_1(p-pa) = V_1(p-pa) \cdot \rho_1(p-pa) = 100 \cdot 1,05 = 105 \text{ г}$$

$$m_2(p-pa) = V_2(p-pa) \cdot \rho_2(p-pa) = 150 \cdot 1,12 = 168 \text{ г}$$

$$m_1(\text{HNO}_3) = m_1(p-pa) \cdot \omega_1(p-pa) = 105 \cdot 0,1 = 10,5 \text{ г}$$

$$m_2(\text{HNO}_3) = m_2(p-pa) \cdot \omega_2(p-pa) = 168 \cdot 0,2 = 33,6 \text{ г}$$

Рассчитываем

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{10,5 + 33,6}{105 + 168} = 0,162 \text{ или } 16,2\%$$

Ответ: массовая доля HNO_3 в растворе после смешения равна 0,162 или 16,2%.

Пример 13. Какие объемы растворов гидроксида калия с $\omega_1(\text{KOH}) = 50\%$ ($\rho_1 = 1,51$ г/мл) и с $\omega_2(\text{KOH}) = 10\%$ ($\rho_2 = 1,1$ г/мл) необходимо использовать для приготовления одного литра раствора гидроксида калия с $\omega(\text{KOH}) = 20\%$ ($\rho = 1,19$ г/мл)?

Решение:

Масса полученного раствора равна

$$m(p-pa) = m_1(p-pa) + m_2(p-pa)$$

$$m(p-pa) = V(p-pa) \cdot \rho(p-pa) = 1000 \cdot 1,19 = 1190 \text{ г}$$

Отсюда $m_1(p-pa) = 1190 - m_2(p-pa)$

Масса KOH в полученном растворе равна

$$m(\text{KOH}) = m(p-pa) \cdot \omega(\text{KOH}) = 1190 \cdot 0,2 = 238 \text{ г}$$

В то же время масса KOH в полученном растворе равна:

$$m(\text{KOH}) = m_1(\text{KOH}) + m_2(\text{KOH})$$

$$m_1(\text{KOH}) = m_1(\text{p-ра}) \cdot \omega_1(\text{KOH}) = m_1(\text{p-ра}) \cdot 0,5$$

$$m_2(\text{KOH}) = m_2(\text{p-ра}) \cdot \omega_2(\text{KOH}) = m_2(\text{p-ра}) \cdot 0,1$$

Получаем $238 = m_1(\text{p-ра}) \cdot 0,5 + m_2(\text{p-ра}) \cdot 0,1$

Подставим в это уравнение выражение для $m_1(\text{p-ра})$:

$$238 = [1190 - m_2(\text{p-ра})] \cdot 0,5 + m_2(\text{p-ра}) \cdot 0,1$$

Решим уравнение относительно $m_2(\text{p-ра})$:

$$0,4m_2(\text{p-ра}) = 357 \quad m_2(\text{p-ра}) = 892,5 \text{ г}$$

Тогда $m_1(\text{p-ра}) = 1190 - 892,5 = 297,5 \text{ г}$

Находим объемы растворов:

$$V_1(\text{p-ра}) = \frac{m_1(\text{p-ра})}{\rho_1(\text{p-ра})} = \frac{297,5}{1,51} = 197 \text{ мл}$$

$$V_2(\text{p-ра}) = \frac{m_2(\text{p-ра})}{\rho_2(\text{p-ра})} = \frac{892,5}{1,1} = 811,4 \text{ мл}$$

Ответ: $V_1 = 197 \text{ мл}$, $V_2 = 811,4 \text{ мл}$.

1. 5. Задания для самостоятельной работы

1. Определите массовую долю растворенного вещества (X)% в следующих растворах:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
m(X), г	5	28	46,7	53,1	62,2
m(H ₂ O), г	300	450	528	630	720

2. Рассчитать массу вещества (г), необходимую для приготовления следующих растворов:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
ω(X),%	2	1	5	10	8
Объем р-ра, л	0,25	0,8	0,5	0,3	0,45
ρ, г/мл	1,015	1,007	1,046	1,090	1,067

3. Рассчитайте массу кристаллогидрата X·nH₂O (г) и объем воды (мл), необходимые для приготовления 500 мл следующих растворов:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X·nH ₂ O)	CuSO ₄ ·5H ₂ O	FeSO ₄ ·7H ₂ O	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O	AlCl ₃ ·6H ₂ O
ω(соли),%	0,25	6	15	0,085	10
ρ, г/мл	1,06	1,11	1,13	1,04	1,02

4. Рассчитать массу кристаллогидрата X·nH₂O (г), которую надо растворить в воде для получения раствора, содержащего X% безводной соли:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X·nH ₂ O)	CuSO ₄ ·5H ₂ O	FeSO ₄ ·7H ₂ O	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O	AlCl ₃ ·6H ₂ O
ω(X),%	8	15	18	6	20
Объем воды	0,66 л	400 мл	0,75 л	350 мл	900 мл

5. Сколько литров газа (н.у.) необходимо растворить в V мл воды для получения раствора с массовой долей, указанной в таблице:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
ω(X),%	17	30	2	1,5	3
Вещество	NH ₃	HCl	CO ₂	SO ₂	H ₂ S
V воды, мл	200	1500	900	600	1000

6. Определить объем воды, в котором надо растворить V л газа (н.у.), для получения раствора с указанной массовой долей:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
ω(X),%	20	25	3	2	15
Вещество	NH ₃	HCl	CO ₂	SO ₂	H ₂ S
V, л	40	56,5	3,2	12,5	1,5

7. Определите массу раствора (г), который можно приготовить из воды и щелочи KOH, если:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
m(H ₂ O), г	100	150	175	225	250
ω(KOH),%	15	20	25	30	35

8. Рассчитать массовую долю (%) растворенных веществ, содержащихся в V л воды:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	HCl	H ₂ S	CO ₂	NH ₃	SO ₂
V(X), л	10	2	1	20	0,5
V воды, л	1,5	4,5	6,5	0,4	0,65

9. Определить массу воды (г), которую надо добавить к указанной массе раствора m₁ с массовой долей вещества ω₁(X), для получения раствора с массовой долей ω₂(X):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
m ₁ , г	500	700	900	980	993
ω ₁ (X),%	40	50	58	60	72
ω ₂ (X),%	20	32	36	40	53

10. Определить объем воды, который следует выпарить из исходного раствора массой m₁ с массовой долей вещества ω₁(X), чтобы получить раствор, в котором массовая доля соли равна ω₂(X):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
m ₁ , г	200	250	300	350	400
ω ₁ (X),%	10	20	30	40	50
ω ₂ (X),%	25	42	50	60	80

11. Определить объем раствора HNO₃ с указанными массовой долей ω₁(HNO₃) и плотностью, который необходимо добавить к 1,2 л воды для получения раствора с массовой долей ω₂(HNO₃) = 10%:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
ω ₁ (X),%	52	60	63	70	75
ρ ₁ , г/мл	1,3	1,35	1,36	1,40	1,43

12. Какой объем раствора CuSO₄ с указанными в таблице массовой долей ω₂(CuSO₄) и плотностью ρ₂ можно приготовить из 120 мл раствора с массовой долей ω₁(CuSO₄) = 42% (ρ₁ = 1,36 г/мл)?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
ω ₂ (CuSO ₄),%	52	60	63	70	75
ρ ₂ , г/мл	1,3	1,35	1,36	1,40	1,43

13. Какие объемы растворов серной кислоты с массовой долей $\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4)$ и плотностью ρ_1 и массовой долей $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4)$ и плотностью ρ_2 необходимо взять для приготовления 2 литров раствора H_2SO_4 с массовой долей $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 14\%$ ($\rho = 1,095$ г/мл)?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4),\%$	30	35	38	40	50
$\rho_1, \text{г/мл}$	1,219	1,32	1,35	1,38	1,4
$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4),\%$	6	5	4,8	4	2
$\rho_2, \text{г/мл}$	1,038	1,030	1,028	1,022	1,018

14. Определить массовую долю Na_2CO_3 в растворе, полученном при растворении указанной массы кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в растворе Na_2CO_3 массой m с массовой долей $\omega_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 13\%$:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}), \text{г}$	40	46	48	52	56
$m, \text{г}$	300	420	450	500	530

15. Какую массу раствора гидроксида калия с массовой долей $\omega_1(\text{KOH})$ надо добавить к раствору KOH массой m_2 и массовой долей $\omega_2(\text{KOH})$, чтобы получить раствор KOH с массовой долей $\omega_3(\text{KOH})$?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$\omega_1(\text{KOH}),\%$	20	30	40	50	60
$m_2, \text{г}$	1000	500	480	35	25
$\omega_2(\text{KOH}),\%$	50	10	90	5	2
$\omega_3(\text{KOH}),\%$	25	20	15	10	5

16. Сколько литров NH_3 (н.у.) необходимо растворить в растворе $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ массой m_1 с массовой долей $\omega_1(\text{NH}_3)$ для получения раствора $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ с массовой долей $\omega(\text{NH}_3)$?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$m_1, \text{г}$	200	300	400	500	600
$\omega_1(\text{NH}_3),\%$	10	12	15	18	20
$\omega(\text{NH}_3),\%$	15	18	20	25	33,5

2. МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ

Молярная концентрация (молярность) – это количество моль вещества, содержащееся в 1 литре раствора.

$$C(X) = \frac{n(X)}{V}, \text{ моль/л}$$

где X – количество вещества, моль;
 V – объем раствора, л.

Объем раствора связан с массой раствора следующим образом:

$$V = \frac{m}{\rho}, \text{ мл,}$$

где ρ – плотность раствора, г/мл.

Молярная концентрация эквивалента – это количество моль вещества эквивалента, содержащееся в 1 литре раствора.

$$C\left(\frac{1}{z}X\right) = \frac{n\left(\frac{1}{z}X\right)}{V}, \text{ моль/л}$$

где $n\left(\frac{1}{z}X\right)$ – количество вещества эквивалента, моль;
 V – объем раствора, л.

$$n\left(\frac{1}{z}X\right) = \frac{m(X)}{\frac{1}{z}M(X)} = \frac{\omega(X) \cdot m}{\frac{1}{z}M(X)}$$

где $M(X)$ – молярная масса растворенного вещества;
 $m(X)$ – масса растворенного вещества;
 m – масса раствора;
 $\omega(X)$ – массовая доля раствора.

Молярная концентрация эквивалента всегда больше или равна молярной концентрации. Это положение используется при проверке полученных данных.

$$C\left(\frac{1}{z}X\right) = \frac{C(X)}{\frac{1}{z}}$$

Молярную концентрацию эквивалента часто называют нормальной и обозначают 1,0 н.; 0,5 н. и т.д.

Приведенные выше расчетные формулы позволяют определять объем раствора, количество вещества и количество вещества эквивалента:

$$V = \frac{n(X)}{C(X)} \quad \text{или} \quad V = \frac{n\left(\frac{1}{z}X\right)}{C\left(\frac{1}{z}X\right)}$$

$$n(X) = C(X) \cdot V \quad \text{или} \quad n\left(\frac{1}{z}X\right) = C\left(\frac{1}{z}X\right) \cdot V$$

2. 1. Определение молярной концентрации вещества $C(X)$ по массе вещества и массы вещества по заданной молярной концентрации

Пример 1. Рассчитать молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента K_2CrO_4 , если в 0,55 л раствора растворено 14,7 г вещества (реакции обменные).

Решение:

$$C(K_2CrO_4) = \frac{n(K_2CrO_4)}{V} = \frac{m(K_2CrO_4)}{M(K_2CrO_4) \cdot V} = \frac{14,7}{194 \cdot 0,55} = 0,14 \text{ моль/л}$$

Далее определяем фактор эквивалентности K_2CrO_4 , он равен $\frac{1}{2}$.

$$C\left(\frac{1}{2}K_2CrO_4\right) = \frac{n\left(\frac{1}{2}K_2CrO_4\right)}{V} = \frac{m(K_2CrO_4)}{\frac{1}{2} \cdot M(K_2CrO_4) \cdot V} = \frac{14,7}{\frac{1}{2} \cdot 194 \cdot 0,55} = 0,28 \text{ моль/л}$$

или $C\left(\frac{1}{2}K_2CrO_4\right) = z \cdot C(K_2CrO_4) = 2 \cdot 0,14 = 0,28 \text{ моль/л.}$

Ответ: $C(K_2CrO_4) = 0,14 \text{ моль/л; } C\left(\frac{1}{2}K_2CrO_4\right) = 0,28 \text{ моль/л}$

Пример 2. Определить массу вещества, содержащегося в 200 мл раствора нитрата никеля с молярной концентрацией $C(Ni(NO_3)_2) = 0,125 \text{ моль/л.}$

Решение:

$$m(Ni(NO_3)_2) = n(Ni(NO_3)_2) \cdot M(Ni(NO_3)_2)$$

Объем раствора необходимо перевести в литры: 200 мл = 0,2 л.

$$n(Ni(NO_3)_2) = C(Ni(NO_3)_2) \cdot V = 0,125 \cdot 0,2 = 0,025 \text{ моль}$$

$$m(Ni(NO_3)_2) = 0,025 \cdot 183 = 4,575 \text{ г}$$

Ответ: $m(Ni(NO_3)_2) = 4,575 \text{ г.}$

Пример 3. Рассчитать молярную концентрацию эквивалента в растворе HCl. $\omega(HCl) = 25\%$, $\rho = 1,15 \text{ г/мл.}$

Решение:

$$C(HCl) = \frac{n(HCl)}{V} = \frac{m(HCl)}{M(HCl) \cdot V}$$

$$m(HCl) = \omega(HCl) \cdot m(p-pa) = \omega(HCl) \cdot V(p-pa) \cdot \rho$$

Если объем раствора не задан, то удобно принимать его равным 1 л (1000 мл).

$$m(HCl) = 0,25 \cdot 1000 \cdot 1,15 = 287,5 \text{ г}$$

$$C(HCl) = \frac{287,5}{36,5 \cdot 1} = 7,877 \text{ моль/л}$$

Фактор эквивалентности $\text{HCl} = 1$, поэтому молярная концентрация и молярная концентрация эквивалента равны.

Ответ: молярная концентрация эквивалента $C(\text{HCl}) = 7,877$ моль/л.

Пример 4. В 0,6 л воды растворили 100 г бромоводорода. Рассчитать $C(\text{HBr})$ в растворе, если $\rho = 1,15$ г/мл.

Решение:

$$C(\text{HBr}) = \frac{n(\text{HBr})}{V}$$

Рассчитываем количество вещества бромоводорода:

$$n(\text{HBr}) = \frac{V(\text{HBr})}{V_M} = \frac{100}{22,4} = 4,464 \text{ моль}$$

Рассчитываем объем раствора:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{HBr})}{\rho} = \frac{V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{HBr}) \cdot M(\text{HBr})}{\rho}$$

$$V = \frac{600 \cdot 1,00 + 4,464 \cdot 81}{1,15} = 836 \text{ мл} = 0,836 \text{ л}$$

Находим молярную концентрацию раствора HBr :

$$C(\text{HBr}) = \frac{4,464}{0,836} = 5,34 \text{ моль/л}$$

Ответ: $C(\text{HBr}) = 5,34$ моль/л

Пример 5. Рассчитать молярную и молярную концентрацию эквивалента раствора мышьяковой кислоты (H_3AsO_4). Плотность раствора 1,08 г/мл, массовая доля H_3AsO_4 9%.

Решение:

Фактор эквивалентности $\text{H}_3\text{AsO}_4 = \frac{1}{3}$

$$C(\text{H}_3\text{AsO}_4) = \frac{n(\text{H}_3\text{AsO}_4)}{V} \quad C\left(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{AsO}_4\right) = \frac{C(\text{H}_3\text{AsO}_4)}{\frac{1}{3}} = 3C(\text{H}_3\text{AsO}_4)$$

Объем раствора принимаем равным 1 л = 1000 мл.

$$m(\text{H}_3\text{AsO}_4) = V \cdot \rho \cdot \omega(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 1000 \cdot 1,08 \cdot 0,09 = 97,2 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_3\text{AsO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{AsO}_4)}{M(\text{H}_3\text{AsO}_4)} = \frac{97,2}{142} = 0,68 \text{ моль}$$

$$C(\text{H}_3\text{AsO}_4) = \frac{0,68}{1} = 0,68 \text{ моль/л}; \quad C\left(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{AsO}_4\right) = 3 \cdot 0,68 = 2,04 \text{ моль/л}$$

Ответ: $C(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 0,68$ моль/л, $C\left(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{AsO}_4\right) = 2,04$ моль/л

2. 2. Расчеты, связанные с разбавлением и концентрированием растворов

При разбавлении и концентрировании растворов количество вещества (количества вещества эквивалента) остается постоянным.

Пример 6. Какой объем раствора HCl, $C_1(\text{HCl}) = 6$ моль/л, необходимо использовать для приготовления 250 мл раствора этой кислоты с концентрацией $C_2(\text{HCl}) = 2,5$ моль/л.

Решение:

$$V(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{C_1(\text{HCl})}$$

$$n(\text{HCl}) = \text{const};$$

$$n(\text{HCl}) = C_2(\text{HCl}) \cdot V_2 = 2,5 \cdot 0,25 = 0,625 \text{ моль}$$

$$V(\text{HCl}) = \frac{0,625}{6,0} = 0,104 \text{ л} = 104 \text{ мл}$$

Ответ: необходимо использовать 104 мл раствора.

Пример 7. До какого объема следует упарить 3,5 л раствора серной кислоты, $C_1(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,04$ моль/л, чтобы получить раствор с концентрацией кислоты 0,2 моль/л.

Решение:

Величина $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ определяется из данных условия:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \frac{1}{2} = C_1(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \frac{1}{2} \cdot V = 0,04 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,5 = 0,07 \text{ моль}$$

Отсюда
$$V = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{C(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{0,07}{0,2} = 0,35 \text{ л} = 350 \text{ мл}$$

Ответ: исходный раствор следует упарить до объема 350 мл.

2. 3. Расчеты, связанные со смешиванием растворов различной концентрации

При смешивании растворов количество вещества $n(X)$ (количества вещества эквивалента) в полученном растворе равно сумме количества вещества (количества вещества эквивалента) в смешиваемых растворах $n_1(X), n_2(X) \dots n_n(X)$:

$$n(X) = n_1(X) + n_2(X) + n_3(X) + \dots + n_n(X),$$

При смешивании растворов **объем полученного раствора не равен сумме объемов смешиваемых растворов.** Это явление называют **контракцией растворов.** Поэтому **объем полученного раствора следует рассчитывать.**

При решении задач на смешивание растворов часто приходится производить перерасчет одной концентрации в другую.

Пример 8. Рассчитать массовую долю 1,25 н. раствора фосфорной кислоты, если плотность раствора составляет 1,05 г/мл.

Решение:

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{m(p - \text{ра})}$$

Объем раствора принимаем за 1 л (1000 мл). Тогда масса раствора равна:

$$m(p - \text{ра}) = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1,05 = 1050 \text{ г}$$

$$\text{Фактор эквивалентности } \text{H}_3\text{PO}_4 = \frac{1}{3}$$

$$\text{Количество вещества: } n\left(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4\right) = C\left(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4\right) \cdot V = 1,25 \cdot 1 = 1,25 \text{ моль}$$

Масса H_3PO_4 в растворе:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = n\left(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4\right) \cdot M\left(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4\right) = n\left(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4\right) \cdot \frac{1}{3} \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,25 \cdot \frac{1}{3} \cdot 98 = 40,83 \text{ г}$$

Массовая доля H_3PO_4 в растворе:

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{40,83}{1050} = 0,039 \text{ или } 3,9\%$$

Ответ: $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,039$ или 3,9%.

Пример 9. Смешали 3 литра раствора H_3PO_4 ($C(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,1$ моль/л) и 2 литра раствора H_3PO_4 ($\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 90\%$, $\rho = 1,05$ г/мл). Вычислить молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора (контракцией можно пренебречь).

Решение:

$$\text{Фактор эквивалентности } \text{H}_3\text{PO}_4 = \frac{1}{3}$$

$$C(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{V}$$

$$C\left(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4\right) = \frac{C(\text{H}_3\text{PO}_4)}{\frac{1}{3}} = 3 \cdot C(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

Поскольку по условию задачи контракцией пренебрегаем, то:

$$V = V_1 + V_2 = 3,0 + 2,0 = 5,0 \text{ л}$$

Количества вещества в полученном растворе определяется по формуле:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n_1(\text{H}_3\text{PO}_4) + n_2(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

Количества вещества в первом исходном растворе:

$$n_1(\text{H}_3\text{PO}_4) = C(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V_1 = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ моль}$$

Количества вещества во втором исходном растворе:

$$n_2(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V \cdot \rho}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{0,9 \cdot 2000 \cdot 1,05}{98} = 1,928 \text{ моль}$$

Отсюда $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,3 + 1,928 = 2,228$ моль

$$C(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{2,228}{5} = 0,446 \text{ моль/л}$$

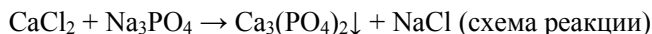
$$C\left(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{PO}_4\right) = 3 \cdot 0,446 = 1,337 \text{ моль/л}$$

Ответ: молярная концентрация полученного раствора H_3PO_4 равна 0,446 моль/л, молярная концентрация эквивалента этого раствора равна 1,337 моль/л.

2. 4. Расчеты материального баланса химических процессов: избыток (недостаток) реагентов

Пример 10. Рассчитать массу осадка, который выделится при смешивании 200 мл раствора хлорида кальция $\omega(\text{CaCl}_2) = 10\%$, $\rho_1 = 1,08$ г/мл и 150 мл раствора фосфата натрия $\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 8\%$, $\rho_2 = 1,06$ г/мл.

Решение:



В соответствии с законом эквивалентов:

$$n\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right) = n\left(\frac{1}{3}\text{Na}_3\text{PO}_4\right) = n\left(\frac{1}{6}\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\right)$$

Масса выделившегося осадка будет равна:

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = n\left(\frac{1}{6}\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$$

Рассчитываем $n\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right)$ и $n\left(\frac{1}{3}\text{Na}_3\text{PO}_4\right)$:

$$m(\text{CaCl}_2) = \omega(\text{CaCl}_2) \cdot V_1 \cdot \rho_1 = 0,1 \cdot 200 \cdot 1,08 = 21,6 \text{ г}$$

$$n\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right)} = \frac{21,6}{\frac{1}{2} \cdot 111} = 0,389 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) \cdot V_2 \cdot \rho_2 = 0,08 \cdot 150 \cdot 1,06 = 12,72 \text{ г}$$

$$n\left(\frac{1}{3}\text{Na}_3\text{PO}_4\right) = \frac{m(\text{Na}_3\text{PO}_4)}{M\left(\frac{1}{3}\text{Na}_3\text{PO}_4\right)} = \frac{12,72}{\frac{1}{3} \cdot 164} = 0,232 \text{ моль}$$

Из сравнения величин $n\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right)$ и $n\left(\frac{1}{3}\text{Na}_3\text{PO}_4\right)$ видно, что хлорид кальция взят в избытке. Отсюда все дальнейшие расчеты производят по Na_3PO_4 :

$$n\left(\frac{1}{6}\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\right) = n\left(\frac{1}{3}\text{Na}_3\text{PO}_4\right) = 0,232 \text{ моль}$$

Рассчитываем массу осадка:

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,232 \cdot \frac{1}{6} \cdot 310,2 = 11,99 \text{ г}$$

Ответ: масса выпавшего осадка составляет 11,99 г.

Пример 11. Для осаждения ионов железа (II), содержащихся в 20 мл раствора FeSO_4 , израсходовано 30 мл раствора гидроксида калия, $C(\text{KOH}) = 0,3$ моль/л. Определить молярную и молярную концентрацию эквивалента раствора сульфата железа (II).

Решение:

Фактор эквивалентности $\text{FeSO}_4 = \frac{1}{2}$

По закону эквивалентов:

$$n\left(\frac{1}{2} \text{FeSO}_4\right) = n(\text{KOH})$$

$$n(\text{KOH}) = C(\text{KOH}) \cdot V = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ моль}$$

Найдем молярную концентрацию эквивалента раствора FeSO_4 :

$$C\left(\frac{1}{2} \text{FeSO}_4\right) = \frac{n\left(\frac{1}{2} \text{FeSO}_4\right)}{V} = \frac{0,009}{0,02} = 0,45 \text{ моль/л}$$

Найдем молярную концентрацию раствора FeSO_4 :

$$C(\text{FeSO}_4) = \frac{1}{2} C\left(\frac{1}{2} \text{FeSO}_4\right) = \frac{0,45}{2} = 0,225 \text{ моль/л}$$

Ответ: $C(\text{FeSO}_4) = 0,225$ моль/л, $C\left(\frac{1}{2} \text{FeSO}_4\right) = 0,45$ моль/л.

2. 5. Задания для самостоятельной работы

1. Рассчитать концентрацию вещества (X)%:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	K ₂ SO ₄	CuCl ₂	CuSO ₄ ·5H ₂ O	FeSO ₄ ·7H ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O
Объем р-ра, л	0,6	1,2	1,5	2,0	3,0
m(X), г	20	25	30	40	50

2. Определить молярную концентрацию вещества (X):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	Ca(OH) ₂	Na ₂ SO ₄	AgNO ₃
ω(X), %	20	15	10	8	5
ρ, г/мл	1,14	1,10	1,08	1,05	1,01

3. Определить C(X) и ω(X) в растворе:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	HCl	H ₂ S	NH ₃	SO ₂	CO ₂
Объем воды, л	2	4	5	6	8
Объем вещества, л	30	10	80	60	5
ρ, г/мл	1,01	1,03	1,05	1,038	1,02

4. Определить массу вещества (X), содержащегося в растворе:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	K ₂ CrO ₄	KMnO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄
Объем р-ра, мл	500	800	50	25	9
C(X), моль/л	6	4	3	2	0,5

5. Определить объем растворенного HCl (н.у.):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Объем р-ра, мл	100	350	400	500	750
C(X), моль/л	0,2	0,5	0,75	1,2	1,5

6. Рассчитать объем концентрированного раствора KCl (л), который надо разбавить водой для приготовления определенного объема разбавленного раствора:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
C ₁ (KCl), моль/л	8	6,5	6,2	5,6	5,35
V, мл	200	400	500	700	950
C ₂ (KCl), моль/л	3,5	2,75	2,5	2,25	1,8

7. До какого объема следует упарить разбавленный раствор HNO_3 , чтобы получить более концентрированный?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
V_1 , мл	700	900	1200	1400	1600
$C_1(\text{HNO}_3)$, моль/л	0,02	0,2	0,3	0,45	0,5
$C_2(\text{HNO}_3)$, моль/л	0,1	0,56	0,65	0,98	1,2

8. Смешали два раствора CuSO_4 различной концентрации. Вычислить молярную концентрацию CuSO_4 в полученном растворе (*контракцией растворов можно пренебречь*):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
V_1 , мл	2	1,5	3	3,5	4
$C_1(\text{CuSO}_4)$, моль/л	0,2	0,32	0,45	0,68	0,72
V_2 , мл	1,5	2,5	2,75	2,9	3,2
$C_2(\text{CuSO}_4)$, моль/л	15	18	20	22	26
ρ_2 , г/мл	1,08	1,1	1,11	1,13	1,14

9. Определить молярную концентрацию раствора AlCl_3 , полученного смешиванием двух растворов с различной концентрацией AlCl_3 :

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$\omega_1(\text{AlCl}_3)$, %	25	20	22	18	28
V_1 , л	1,25	1	1,5	1,71	1,28
ρ_1 , г/мл	1,15	1,13	1,14	1,12	1,16
$\omega_2(\text{AlCl}_3)$, %	40	35	45	50	48
V_2 , л	2	2,2	1,5	1,8	2,5
ρ_2 , г/мл	1,32	1,28	1,33	1,38	1,35
ρ , г/мл	1,22	1,20	1,23	1,24	1,25

10. Определить молярную концентрацию эквивалента вещества (X):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	K_2SO_4	AlCl_3	H_3PO_4	H_2S	HCl
Масса, г	20	40	30	5	28
V , л	2	1	3	2	1

11. Определить массу вещества, содержащегося в растворе:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	NaCl	MgSO_4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	FeSO_4	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
V , л	2	2,25	2,5	2,75	3
$C(\frac{1}{Z} X)$, моль/л	1,25	1,5	1,75	2	2,25

12. Определить молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента вещества (X) в растворе:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	LiCl	H ₂ SO ₄	Ba(OH) ₂	AlCl ₃	AgNO ₃
ω(X), %	15	25	12	16	20
ρ, г/мл	1,1	1,16	1,08	1,12	1,14

13. До какого объема следует разбавить концентрированный раствор вещества (X) для получения разбавленного раствора?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	H ₃ PO ₄	Ba(NO ₃) ₂	Ca(OH) ₂	H ₂ SO ₄	HCl
ω(X), %	40	20	10	80	30
ρ ₁ , г/мл	1,3	1,18	1,08	1,732	1,152
V ₁ , мл	800	850	900	950	980
$C(\frac{1}{Z}X)$, моль/л	1	0,5	0,2	5	0,7

14. До какого объема следует упарить разбавленный раствор Ca(NO₃)₂, чтобы получить более концентрированный раствор?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
C ₁ (Ca(NO ₃) ₂), моль/л	0,01	0,05	0,15	0,20	0,25
V ₁ , л	1	2	3	4	5
$C_2(\frac{1}{Z}Ca(NO_3)_2)$, моль/л	1	2	3	4	5

15. Смешали два раствора вещества (X) различной концентрации. Определить молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента вещества (X) в полученном растворе (контракцией растворов можно пренебречь):

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	NaOH	KOH	CaCl ₂	HNO ₃	H ₂ SO ₄
ω ₁ (X), %	30	20	18	36	60
V ₁ р-ра, л	0,5	0,8	0,92	1	1,25
ρ ₁ , г/мл	1,332	1,176	1,158	1,225	1,503
V ₂ р-ра, л	1	0,5	1,5	1,75	1,8
C ₂ (X), моль/л	2	3	4	4,5	5

16. Определить молярную концентрацию эквивалента вещества BaCl_2 в растворе, полученном при смешивании двух растворов BaCl_2 различной концентрации:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$\omega_1(\text{BaCl}_2),\%$	20	25	30	32	40
V_1 р-ра, л	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
ρ_1 , г/мл	1,2	1,22	1,24	1,26	1,28
$\omega_2(\text{BaCl}_2),\%$	5,0	7,0	7,2	7,6	7,7
V_2 р-ра, л	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
ρ_2 , г/мл	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09
ρ , г/мл	1,09	1,10	1,12	1,14	1,16

17. Какой объем раствора кислоты (X) в литрах требуется для нейтрализации раствора KOH?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
Вещество (X)	H_2SO_4	HNO_3	HCl	H_3PO_4	H_2S
$\omega(\text{X}),\%$	60	30	15	10	0,6
ρ , г/мл	1,5	1,18	1,07	1,06	1,03
$\omega(\text{KOH}),\%$	40	30	20	15	10
V р-ра, мл	500	400	300	250	10
ρ , г/мл	1,41	1,29	1,18	1,12	1,08

18. Для нейтрализации определенного объема щелочи с заданной концентрацией потребовался соответствующий объем раствора кислоты. Определить молярную концентрацию эквивалента кислоты:

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
V щелочи, мл	50	70	95	100	120
$C\left(\frac{1}{z} \text{ щелочи}\right)$	0,2	0,3	0,32	0,4	0,43
V кислоты, мл	20	30	50	60	65

19. Какая масса $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (г) требуется для осаждения сульфат-ионов из раствора H_2SO_4 ?

	Вариант				
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>
$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4), \%$	10	12	14	16	18
V , мл	20	40	60	80	100
ρ , г/мл	1,069	1,083	1,098	1,112	1,127

ЛИТЕРАТУРА

1. *Коровин Н. В.* Общая химия. – М.: Высшая школа, 2002. – 558 с.
2. *Никольский А. Б., Суворов А. В.* Химия: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Химиздат, 2001. – 512 с.
3. *Глинка Н. Л.* Задачи и упражнения по общей химии. – М.: Интеграл-Пресс, 2004. – 240 с.
4. Задачи и упражнения по общей химии: Учебное пособие / *Б. И. Адамсон, О. Н. Гончарук, В. Н. Камышова и др.* / Под ред. Н. В. Коровина. – М.: Высшая школа, 2003. – 255 с.
5. *Суворов А. В., Никольский А. Б.* Вопросы и задачи по общей химии. – СПб.: Химиздат, 2002. – 304 с.