

Министерство просвещения Приднестровской Молдавской Республики

ГОУ СПО «Дубоссарский индустриальный техникум»

ГОУ «Тираспольский техникум информатики и права»

ГОУ СПО «Тираспольский техникум коммерции»

Республиканский интернет-конкурс «Лучшая методическая разработка»
среди педагогических работников организаций
среднего профессионального образования
Приднестровской Молдавской Республики

Методические рекомендации

по решению расчетных задач по химии

Специальности (профессии):

260807. Технология продукции общественного питания.

080114. Экономика и бухгалтерский учет в торговле и общественном питании.

080201. Менеджмент в торговле.

100801. Товароведение и экспертиза качества потребительских товаров.

260807.01. Повар, кондитер.

Авторы:

Головач Марина Валерьевна, преподаватель химии второй квалификационной категории ГОУ СПО «Дубоссарский индустриальный техникум»;

Пименова Галина Михайловна, преподаватель химии высшей квалификационной категории ГОУ «Тираспольский техникум информатики и права»;

Терехова Виктория Андреевна, преподаватель химии высшей квалификационной категории ГОУ СПО «Тираспольский техникум коммерции».

Тирасполь, 2017

Аннотация к работе

В методической разработке представлены рекомендации, адресованные студентам организаций среднего профессионального образования, обучающимся по программам начального и среднего профессионального образования и осваивающим учебную дисциплину «Химия» в рамках получения среднего (полного) общего образования.

Методические рекомендации по решению задач могут быть использованы преподавателем как при организации самостоятельной работы обучающихся на учебном занятии, так и при организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов.

Методические рекомендации включают в себя алгоритмы решения расчетных задач различного типа, а также задания для самостоятельной работы.



ВАЖНЕЙШАЯ ЗАДАЧА
ЦИВИЛИЗАЦИИ –
НАУЧИТЬ ЧЕЛОВЕКА
МЫСЛИТЬ!

Томас Эдисон

Уважаемый студент!

Химия является естественнонаучной дисциплиной, фундаментальное освоение которой возможно путем формирования прочной системы анализа и логики.

В основе решения любой расчетной задачи лежит алгоритм. Это четкая логическая система, которая развивает не только умение мыслить, но и воспитывает волю к преодолению трудностей.

При решении задач следует учитывать правила:

1. Внимательно прочитать условие задачи.
2. Записать краткое условие задачи.
3. Перевести единицы физических величин в единицы системы СИ.
4. Записать схему уравнения химической реакции.

5. Расставить коэффициенты, и тогда схема реакции превращается в уравнение химической реакции.

6. Использовать понятие о количестве вещества или метод составления пропорции.

7. Записать ответ.

Основные единицы измерения:

A_r – относительная атомная масса

M_r – относительная молекулярная масса

M – молярная масса (г/моль, кг/кмоль)

m – масса вещества (г, кг, т)

V – объем вещества (мл, л, см³, м³)

V_m – молярный объем газа (22,4 л/моль)

ν – количество вещества (моль)

ρ – плотность вещества (г/мл, г/см³, кг/м³)

C_M – молярная концентрация вещества (моль/л)

ω – массовая доля вещества (%)

η – выход продукта реакции от теоретически возможного (%)

$D_{(в-ву)}$ – относительная плотность газа по другому веществу

N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$ атомов, молекул и других частиц)

N – число частиц

Каждая задача расширит Ваш кругозор, позволит установить связь химии с другими науками и будет способствовать Вашей профессиональной компетенции.

Оценка умений решать расчетные задачи:

Оценка «5» – в логическом рассуждении и решении нет ошибок.

Оценка «4» – в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, допущено не более двух ошибок.

Оценка «3» – допущены существенные ошибки в математических расчетах.

Оценка «2» – имеются ошибки в рассуждении и решении.

Оценка «1» – отсутствие решения задачи.

В методическом пособии рассмотрены алгоритмы решения разных типов расчетных задач по химии.

Вам, уважаемые студенты, предоставлены также задачи для самостоятельного решения.

Решение задач по теме «Растворы»

Раствор – это многокомпонентная гомогенная физико-химическая система, состоящая из равномерно распределенных частиц двух или нескольких веществ.

Одно из этих веществ следует называть *растворителем*, тогда другие будут называться *растворенными веществами*. Граница между растворителем и растворенным веществом достаточно условна (особенно, если оба компонента жидкости). Но если в растворе протекает какая-либо химическая реакция, растворителем считают компонент, не принимающий в ней участие.

Важнейшая характеристика раствора – это его количественный состав. Относительное содержание растворенного вещества в растворе называют *концентрацией*.

Первый тип задач, связанный с понятием «Массовая доля растворенного вещества в растворе, или Процентная концентрация»

Основные формулы для расчетов:

1. ω – массовая доля растворенного вещества в растворе

$$\omega_{в-ва} = \frac{m_{(в-ва)}}{m_{(р-ра)}}; \quad \omega\% = \omega \cdot 100\%.$$

2. Нахождение массы растворенного вещества по известной концентрации

$$m_{в-ва} = \frac{\omega_{в-ва} \cdot m_{(р-ра)}}{100\%}.$$

3. Определение массы раствора

$$m_{р-ра} = \frac{m_{(в-ва)}}{\omega_{(в-ва)}} \cdot 100\%.$$

4. Определение массы растворителя

$$m(\text{растворителя}) = m(\text{раствора}) - m(в - ва)$$

и

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

Задача № 1

Какова массовая доля соли в растворе, если в 200 г воды растворили 50 г соли?

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г}$$

$$m(\text{соли NaCl}) = 50 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NaCl}) - ?$$

Решение:

1. Находим массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaCl}) = 200 \text{ г} + 50 \text{ г} = 250 \text{ г}.$$

2. Вычисляем массовую долю соли $\omega(\text{NaCl})$:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{р-ра})} = \frac{50 \text{ г}}{250 \text{ г}} = 0,2 \text{ или } 20\%.$$

Ответ: $\omega(\text{NaCl}) = 0,2$ или 20%

Задача № 2

Какие массы сульфата натрия Na_2SO_4 и воды нужно взять для приготовления 500 г раствора с массовой долей в нем 4%?

Дано:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 4 \% \text{ или}$$

$$0,04$$

$$m(\text{р-ра}) = 500 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) - ?$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

Решение:

1. Находим массу Na_2SO_4 в растворе:

а) Если для расчета использовать $\omega = 4\%$, тогда:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega}{100\%} = \frac{500 \text{ г} \cdot 4\%}{100\%} = 20 \text{ г};$$

б) Если $\omega = 0,04$, тогда:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 500 \text{ г} \cdot 0,04 = 20 \text{ г}.$$

2. Находим массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{соли}) = 500 \text{ г} - 20 \text{ г} = 480 \text{ г}.$$

Ответ: $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 20 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 480 \text{ г}$

Задача № 3

Вычислите массовую долю (в %) хлорида натрия в результате растворения 44 г поваренной соли в двух литрах воды.

Дано:

$V(\text{H}_2\text{O}) = 2 \text{ л}$

$m(\text{NaCl}) = 44 \text{ г}$

$\omega(\text{NaCl}) = ?$

Решение:

1. Находим массу растворителя:

$$\rho = \frac{m}{V}; m = \rho \cdot V$$

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

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 2000 \text{ г.}$$

2. Определяем массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 2000 \text{ г} + 44 \text{ г} = 2044 \text{ г.}$$

3. Вычисляем массовую долю хлорида натрия:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{44\text{г}}{2044\text{г}} \cdot 100\% = 2,15\%.$$

Ответ: $\omega(\text{NaCl}) = 2,15\%$

Задача № 4

Поместится ли в мерной колбе на 500 мл 20% раствор соли, содержащий 120 г растворенного вещества, при плотности раствора 1,15 г/мл.

Дано:

$$\omega(\text{в-ва}) = 20\% \text{ или } 0,2$$

$$m(\text{в-ва}) = 120 \text{ г}$$

$$\rho(\text{р-ра}) = 1,15 \text{ г/мл}$$

$$V(\text{р-ра}) = ?$$

Решение:

1. Для того, чтобы ответить на вопрос задачи, рассчитаем объем имеющегося раствора.

$$\text{Используем формулу } V = \frac{m(\text{р-ра})}{\rho(\text{р-ра})}.$$

2. Определяем массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{в-ва})}{\omega(\text{в-ва})}.$$

3. Преобразуем формулу, необходимую для определения объема:

$$V = \frac{m(\text{в-ва})}{\rho(\text{р-ра}) \cdot \omega(\text{в-ва})} = \frac{120\text{г}}{1,15 \text{ г/мл} \cdot 0,2} = 522 \text{ мл.}$$

4. В колбе 500 мл, столько раствора не вместится.

Ответ: не вместится

Задача № 5

В одном литре воды растворили 280 л аммиака. Какова массовая доля аммиака в полученном растворе?

Дано:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ л}$$

$$V(\text{NH}_3) = 280 \text{ л}$$

$$\omega(\text{NH}_3) = ?$$

Решение:

1. Необходимая формула для решения задачи:

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{p-pa})} \cdot 100\%$$

2. Массу NH_3 определяем по формуле:

$$m(\text{NH}_3) = v(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3)$$

А необходимое количество вещества:

$$v = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_m} = \frac{280 \text{ л}}{22,4 \text{ л}} = 12,5 \text{ моль.}$$

3. Определяем массу NH_3 :

$$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = v(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = 12,5 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 212,5 \text{ г.}$$

4. Находим массу раствора:

$$m(\text{p-pa}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_3) = 1000 \text{ г} + 212,5 \text{ г} = 1212,5 \text{ г.}$$

5. Определяем массовую долю аммиака в растворе:

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{212,5 \text{ г}}{1212,5 \text{ г}} = 0,1753 \text{ или } 17,53\%$$

Ответ: $\omega(\text{NH}_3) = 17,53\%$

Задача № 6

Определите массу воды в 185,3 г кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Дано:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 185,3 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ в кр-те} = ?$$

Решение:

1. Определяем массу H_2O в 1 моль кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 106 \text{ г/моль} + M(10\text{H}_2\text{O}) = 106 \text{ г/моль} + 180 \text{ г/моль} = 286 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, масса 1 моль ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) = 286 г, а
в 286 г ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) – 180 г H_2O
в 185,3 г ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) – x г H_2O
x = 116,6 г.

Ответ: m (H_2O)= 116,6г в 185,3 граммах $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Дан раствор массой 90 г с массовой долей соли 0,001. Определите массу соли и объем воды, необходимый для его приготовления.

Ответ: m(соли) = 0,09 г; V(H_2O) = 89,91 мл

2. Какова масса хлорида цинка в растворе массой 70 г с массовой долей соли 15%?

Ответ: m (ZnCl_2) = 10,5 г

3. В 160 г воды растворили 40 г сульфата меди (II). Определите массовую долю соли в растворе.

Ответ: ω (CuSO_4) = 20% или 0,2

4. В воде массой 43 г растворили железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ массой 7 г. Определите массовую долю сульфата железа (II) в растворе.

Ответ: ω (FeSO_4) = 7,6%

5. Какова массовая доля хлороводорода в растворе, если в 500 мл H_2O растворили 56 л HCl (н.у.)?

Ответ: ω (HCl) = 15,43%

6. Сколько граммов воды добавили к 80 г раствора с массовой долей растворенного вещества 10%, если массовая доля вещества в нем уменьшилась в 4 раза?

Ответ: m (H_2O) = 240г

7. Определите массовую долю хлорида натрия в растворе, если в результате нагревания 200 г раствора с ω (NaCl) = 15% масса уменьшилась на 50 г.

Ответ: ω (NaCl) = 20%

8. Навеску технической поваренной соли, которая содержит нерастворимые примеси массой 23 г, растворили в воде массой 60 г и получили раствор, в котором массовая доля NaCl равна 25%. Определите массовую долю нерастворимых примесей в образце соли.

Ответ: ω (примесей) = 13%

9. Определите массу безводного сульфата меди (II), которую следует растворить в воде массой 500 г, чтобы образовался раствор, в котором массовая доля CuSO_4 равна 8%.

Ответ: $m(\text{CuSO}_4) = 43,5$ г

***Второй тип задач, относящийся к теме «Растворы»,
обозначим как «Приготовление растворов»***

Химикам часто приходится проводить различные действия с растворами.

Мы имеем в виду:

- а) разбавление растворов;
- б) упаривание;
- в) концентрирование;
- г) смешивание двух растворов.

Рассмотрим решение следующих задач:

А. Разбавление (задачи, связанные с добавлением растворителя)

Важно помнить следующие правила:

1. Начинать решение задач нужно с определения массы растворенного вещества.
2. Масса растворенного вещества при разбавлении не меняется.

Задача № 1

К 120 г 15%-ного раствора соли добавили 80 г воды. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе.

Дано:

$$m(p-pa) = 120 \text{ г}$$

$$\omega_1(\text{в-ва}) = 15 \%$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 80 \text{ г}$$

$$\omega_2(\text{в-ва}) = ?$$

Решение:

1. Необходимая формула для решения задачи:

$$\omega_2(\text{в-ва}) = \frac{m(\text{в-ва})}{m_1 p-pa + m(\text{H}_2\text{O})}$$

2. Определяем массу соли:

$$m(\text{в-ва}) = \frac{15\% \cdot 120 \text{ г}}{100\%} = 18 \text{ г.}$$

$$3. \omega_2(\text{в-ва}) = \frac{18 \text{ г}}{120 \text{ г} + 80 \text{ г}} = 0,09 \text{ или } 9\%.$$

Ответ: $\omega_2(\text{в-ва}) = 9\%$

Б. Упаривание

Алгоритмы решения задач на «Разбавление» и на «Упаривание» принципиально не отличаются.

Задача № 2

Из 400 г 20%-ного раствора соли упариванием удалили 100 г воды. Чему стала равна массовая доля соли в полученном растворе?

Дано:

$$m(p-pa) = 400 \text{ г}$$

$$\omega_1(\text{соли}) = 20 \%$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$$

$$\omega_2(\text{соли}) = ?$$

Решение:

1. Определяем массу соли в исходном растворе

$$m(\text{соли}) = \frac{400 \text{ г} \cdot 20\%}{100\%} = 80 \text{ г.}$$

2. Масса растворенного вещества остается неизменной:

$$\omega_2(\text{соли}) = \frac{m(\text{в-ва})}{m \text{ исходного } p-pa - m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$\omega_2(\text{соли}) = \frac{80 \text{ г}}{400 \text{ г} - 100 \text{ г}} = 0,277 \text{ или } 27,7\%.$$

Ответ: $\omega_2(\text{соли}) = 27,7\%$

В. Концентрирование

Иногда требуется увеличить концентрацию раствора путем внесения дополнительных порций растворенного вещества.

Задача № 3

К 200 г 4%-ного раствора NaHCO_3 добавили 5 г гидрокарбоната натрия. Определите массовую долю вещества в полученном растворе.

Дано:

$$m_1(\text{р-ра}) = 200 \text{ г}$$

$$\omega_1(\text{NaHCO}_3) = 4 \%$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 5 \text{ г}$$

$$\omega_2(\text{NaHCO}_3) = ?$$

Решение:

1. Как и при решении предыдущих задач, определяем массу растворенного вещества в исходном растворе:

$$m(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{р-ра}) \cdot \omega_1}{100\%} = \frac{200 \text{ г} \cdot 4\%}{100\%} = 8 \text{ г.}$$

2. Определяем общую массу растворенного вещества в полученном растворе:

$$m(\text{NaHCO}_3) = m_1 + m_2 = 8 \text{ г} + 5 \text{ г} = 13 \text{ г.}$$

3. Определяем массу раствора после добавления соли к исходному раствору:

$$m_2(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{NaHCO}_3) = 200 \text{ г} + 5 \text{ г} = 205 \text{ г.}$$

4. Определяем массовую долю соли в полученном растворе:

$$\omega_2(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\% = \frac{13 \text{ г}}{205 \text{ г}} \cdot 100\% = 6,3\%$$

или 0,063.

Ответ: $\omega_2(\text{NaHCO}_3) = 6,3\%$ или 0,063

Г. Смешивание растворов

В результате этого действия с растворами изменяется все:

1. Масса растворенного вещества.
2. Масса растворителя.
3. Масса раствора.

Задача № 4

Смешали 120 г 20%-ного раствора H_2SO_4 и 40 г 50%-ного раствора серной кислоты. Какова массовая доля H_2SO_4 в полученном растворе?

Дано:

$$m_1(\text{р-ра}) = 120 \text{ г}$$

$$\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$$

$$m_2(\text{р-ра}) = 40 \text{ г}$$

Решение:

$$1. \omega(\text{в} - \text{ва}) = \frac{m(\text{в} - \text{ва})}{m \text{ р-ра}} \cdot 100\%.$$

2. Для этого определяем массу серной кислоты в исходных растворах:

$$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 50 \%$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{120 \text{ г} \cdot 20\%}{100\%} = 24 \text{ г}$$

$$\omega_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$$

$$m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{40 \cdot 50\%}{100\%} = 20 \text{ г.}$$

3. Находим $m(\text{H}_2\text{SO}_4)$ в полученном растворе:

$$m_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 24 \text{ г} + 20 \text{ г} = 44 \text{ г.}$$

4. Определяем массу образовавшегося раствора:

$$m_3(\text{р-ра}) = 120 \text{ г} + 40 \text{ г} = 160 \text{ г.}$$

$$5. \omega_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\% = \frac{44 \text{ г}}{160 \text{ г}} \cdot 100\% = 27,5\%$$

или 0,275.

Ответ: $\omega_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = 27,5\%$ или 0,275

Задача № 5

Какие массы 10%-ного и 30%-ного растворов хлорида натрия необходимо взять для приготовления 200г раствора с массовой долей 0,15?

Дано:

$$\omega_1(\text{NaCl}) = 10\%$$

$$\omega_2(\text{NaCl}) = 30\%$$

$$m_3(\text{р-ра}) = 200 \text{ г}$$

$$\omega_3(\text{NaCl}) = 0,15 \text{ или } 15\%$$

$$m_1(\text{р-ра}) = ?$$

$$m_2(\text{р-ра}) = ?$$

Решение (I способ):

С чего начать решение задачи? Начнем как всегда с определения массы растворенного вещества.

Но!? Этот расчет мы можем провести только для конечного раствора.

$$1. m(\text{в-ва}) = \omega(\text{NaCl}) \cdot m(\text{р-ра}) = 0,15 \cdot 200 \text{ г} = 30 \text{ г.}$$

2. Поскольку для расчетов не хватает данных, призовем на помощь алгебру. Для этого обозначим

$x_{(\text{г})}$ – массу первого раствора NaCl

$y_{(\text{г})}$ – массу второго раствора NaCl

Составим уравнение $x + y = 200$.

3. Тогда массы растворенного вещества в этих растворах соответственно будут равны:

$$m_1(\text{NaCl в 1 р-ре}) = \frac{10\% \cdot x}{100\%} = 0,1x$$

$$m_2(\text{NaCl в 2 р-ре}) = \frac{30\% \cdot y}{100\%} = 0,3y.$$

4. Подставим значения в формулу:

$$m_1(\text{NaCl}) + m_2(\text{NaCl}) = m_3(\text{NaCl})$$

$$0,1x + 0,3y = 30 \text{ г.}$$

Получим алгебраические уравнения с двумя неизвестными:

$$x + y = 200$$

$$0,1x + 0,3y = 30$$

Решая их, находим:

$$m_1(\text{NaCl}) = 150 \text{ г; } m_2(\text{NaCl}) = 50 \text{ г.}$$

Решение (II способ):

Задачу можно решить и с помощью диагональной схемы (правило креста) (квадрат Пирсона).

Сущность заключается в том, что по диагоналям из бóльшей величины массовой доли растворенного вещества вычитают меньшую:

$$\begin{array}{ccc} a & & c - b \\ & \diagdown & / \\ & c & \\ & / & \diagdown \\ b & & a - c \end{array}$$

a – большая; b – меньшая; c – искомая массовая доля растворенного вещества в р-ре

$$\begin{array}{ccc} 30 & & 5 (15-10) \\ & \diagdown & / \\ & 15 & \\ & / & \diagdown \\ 10 & & 15 (30-15) \end{array}$$

$\frac{5}{15} = \frac{1}{3}$ соотношение, необходимое для приготовления раствора.

1 часть раствора 30%

3 части раствора 10%

Масса полученного раствора равна 200 г, это составляет

$1 + 3 = 4$ (части)

200 г р-ра – 4 части

$m_1(\text{р-ра с } \omega_2(\text{NaCl}) = 30\%) - 1 \text{ часть}$

$$m_1(\text{р-ра}) = \frac{200 \cdot 1}{4} = 50 \text{ г}$$

аналогично:

200 г р-ра – 4 части

$m_2(\text{р-ра с } \omega_1(\text{NaCl}) = 10\%) - 3 \text{ части}$

$$m_2(\text{р-ра}) = \frac{200 \cdot 3}{4} = 150 \text{ г}$$

Ответ: для приготовления раствора массой 200 г с $\omega(\text{NaCl}) = 0,15$ нужно 150 г раствора с $\omega(\text{NaCl}) = 10\%$ и 50 г раствора с $\omega(\text{NaCl}) = 30\%$

Диагональную схему можно использовать для решения задач:

- смешивание раствора с водой;
- растворение сухого вещества в воде.

Для этого нужно знать, что:

- Массовая доля сухого вещества равна 100%.
- Массовая доля растворенного вещества в воде равна 0%.

ВНИМАНИЕ!!! Этот метод нельзя применять для расчетов в тех случаях, когда при смешивании вещества вступают в химические реакции.

Задача № 6

Сколько воды необходимо добавить к раствору массой 80 г с массовой долей NaOH 20%, чтобы получить раствор с массовой долей щелочи 5%?

Дано:

$$m(\text{р-ра}) = 80 \text{ г}$$

$$\omega_1(\text{NaOH}) = 20\%$$

$$\omega_2(\text{NaOH}) = 5\%$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

Решение:

1. Составим диагональную схему:

$$\begin{array}{ccc} 20 & & 5 \text{ (1)} \\ & \diagdown & / \\ & 5 & \\ & / & \diagdown \\ 0 & & 15 \text{ (3)} \end{array}$$

2. Составим пропорцию:

$$m_1(20\%) : m(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 3; \quad m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{80 \cdot 3}{1} = 240 \text{ г (H}_2\text{O)}$$

Ответ: $m(\text{H}_2\text{O}) = 240 \text{ г}$

Метод часто применяют на практике, где приходится смешивать различные жидкости (приготовление аккумуляторной кислоты, пищевого уксуса).

Задача № 7

В каком соотношении нужно смешать 5%- и 70%-ные растворы азотной кислоты, чтобы получить 20%-ный раствор?

Дано:

$$\omega_1(\text{HNO}_3) = 5\%$$

$$\omega_2(\text{HNO}_3) = 70\%$$

$$\omega_3(\text{HNO}_3) = 20\%$$

Соотношение – ?

Решение:

Составим диагональную схему:

$$\begin{array}{ccc} & 0,7 & & 0,15 \\ & \diagdown & & \diagup \\ & & 0,2 & \\ & \diagup & & \diagdown \\ 0,05 & & & 0,5 \end{array}$$

Соотношение 1 : 3.

Ответ: 5%- и 70%-ные растворы надо смешивать в соотношении 1 : 3

Задачи для самостоятельного решения

1. Определите массу борной кислоты, которую нужно растворить в одном литре воды, чтобы получить 3%-ный раствор.

Ответ: $m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 30,93 \text{ г}$

2. Смешали растворы глюкозы: 150 г 10%-ного и 250 г 8%-ного. Определите массовую долю глюкозы в получившемся растворе.

Ответ: $\omega(\text{глюкозы}) = 8,75\%$

3. Определите массу соли, которую надо добавить к 80 г 10%-ного раствора, чтобы получить 25%-ный раствор этой соли.

Ответ: $m(\text{соли}) = 16 \text{ г}$

4. Определите массу воды, в которой надо растворить 2 г натриевой селитры, чтобы получить 0,1%-ный раствор для полива комнатных растений.

Ответ: $m(\text{H}_2\text{O}) = 1998 \text{ г}$

5. 120 г 10%-ного раствора поваренной соли упарили до 80 г. Какова массовая доля соли в растворе после упаривания?

Ответ: $\omega(\text{соли}) = 15 \%$

6. Сколько граммов 10%-ного и 60%-ного раствора соли нужно взять для получения 400 г 42 %-ного раствора соли?

Ответ: 144 г 10%-ного раствора
и 256 г 60%-ного раствора.

***Третий тип задач, связанный с применением понятия
«растворимость веществ»***

Вещества растворяются в воде по-разному. Для характеристики способности вещества растворяться используется понятие «растворимость».

Количественной характеристикой растворимости веществ является коэффициент растворимости. Это отношение массы вещества, которая при данной температуре образует насыщенный раствор, к объему растворителя:

$$K_S = \frac{m(\text{в-ва})}{V}$$

K_S – коэффициент растворимости; m – масса вещества; V – объем растворителя.

Насыщенным называется раствор, в котором достигнуто максимально возможное, при данных условиях, содержание растворенного вещества.

Растворимость большинства твердых веществ при повышении температуры увеличивается. При охлаждении горячего насыщенного раствора происходит выпадение осадка из-за уменьшения растворимости вещества.

Масса воды при этом остается постоянной!

Это справедливо при условии, если соль не образует кристаллогидратов.

Коэффициент растворимости K_S можно выразить как отношение массы вещества, которое образует насыщенный раствор при данной температуре, к массе воды:

$$K_S = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{H}_2\text{O})}$$

$m(\text{в-ва})$ – масса вещества, которое образует насыщенный, при данной температуре, раствор; $m(\text{H}_2\text{O})$ – масса воды.

Преобразуем данную формулу:

$$K_S = \frac{m(\text{в-ва})}{100(\text{H}_2\text{O})}$$

Например, если при $t = 60^{\circ}\text{C}$ в 100 г H_2O может раствориться 61 г MgCl_2 , то коэффициент растворимости равен:

$$K_{60}(\text{MgCl}_2) = \frac{61 \text{ г}}{100 \text{ г}} = 0,61.$$

Коэффициенты растворимости твердых веществ при разных температурах приводятся в справочниках.

Рассмотрим задачи

Задача № 1

Сколько граммов хлорида калия необходимо взять, чтобы приготовить насыщенный раствор при $t = 20^{\circ}\text{C}$ в 200 г воды?

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г}$$

$$t = 20^{\circ}\text{C}$$

$$K_{20}(\text{KCl}) = 0,342$$

$$m(\text{KCl}) - ?$$

Решение:

1. Воспользуемся справочными данными:

$$K_{20}(\text{KCl}) = 0,342.$$

2. По формуле:

$$K_S = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$K_{20}(\text{KCl}) = \frac{m(\text{KCl})}{m(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$3. m(\text{KCl}) = K_{20}(\text{KCl}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) = 0,342 \cdot 200 \text{ г} = 68,4 \text{ г}$$

Ответ: для приготовления насыщенного раствора при $t=20^{\circ}\text{C}$ необходимо взять 68,4 г KCl

Задача № 2

Какую наименьшую массу воды необходимо взять для растворения йодида калия массой 20 г при температуре 50°C ?

Дано:

$$m(\text{KI}) = 20 \text{ г}$$

$$t=50^{\circ}\text{C}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

Решение:

1. По формуле:

$$K_S = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$2. K_{50}(\text{KI}) = \frac{m \text{ KI}}{m \text{ H}_2\text{O}}$$

$$K_{20}(\text{KI}) = \frac{m(\text{KI})}{m(\text{H}_2\text{O})}.$$

3. Находим в справочнике

$$K_{50}(KI) = 1,688.$$

$$4. m(H_2O) = \frac{m(KI)}{K_{50}(KI)} = \frac{20 \text{ г}}{1,688} = 11,85 \text{ г.}$$

Ответ: $m(H_2O) = 11,85 \text{ г}$

Задача № 3

В воде массой 100г при $t=20^\circ\text{C}$ растворяется 40 г соли. Определите массовую долю соли в насыщенном при $t = 20^\circ\text{C}$ растворе.

Дано:

$$m(\text{соли}) = 40 \text{ г}$$

$$t=20^\circ\text{C}$$

$$m(H_2O) = 100 \text{ г}$$

$$\omega(\text{соли}) - ?$$

Решение:

1. Определяем массу раствора, содержащего 40 г соли, учитывая, что масса воды равна 100 г:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{соли}) + m(H_2O)$$

$$m(\text{р-ра}) = 40 \text{ г} + 100 \text{ г} = 140 \text{ г.}$$

2. Вычисляем массовую долю соли в насыщенном растворе:

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100 \%$$

$$\omega(\text{соли}) = \frac{40 \text{ г}}{140 \text{ г}} \cdot 100\% = 28,6 \%$$

Ответ: $\omega(\text{соли}) = 28,6 \%$

Задача № 4

Массовая доля хлорида меди (II) в насыщенном растворе равна 42,7%. Определите коэффициент растворимости этой соли.

Дано:

$$\omega(CuCl_2) = 42,7 \%$$

$$K_S(CuCl_2) - ?$$

Решение:

1. Пусть нам дан раствор, масса которого 100 г
 $m(\text{р-ра } CuCl_2) = 100 \text{ г}$, тогда $m(CuCl_2) = 42,7 \text{ г}$;
следовательно, $m(H_2O) = 100 \text{ г} - 42,7 \text{ г} = 57,3 \text{ г}$.

2. в 57,3 г H_2O – 42,7 г $CuCl_2$

$$\text{в } 100 \text{ г } H_2O - x \text{ } CuCl_2$$

$$x = \frac{100 \cdot 42,7}{57,3} = 74,5 \text{ г.}$$

Ответ: $K_S(CuCl_2) = 74,5 \text{ г}$

Задача № 5

Коэффициент растворимости соли при температуре 80 °С равен 50 г, а при 20°С – 20 г. Определите массу осадка, полученного из 700 г насыщенного при 80°С раствора, и его охлаждении до 20°С.

Дано:

$$K_{80}(\text{соли}) = 50$$

$$K_{20}(\text{соли}) = 20$$

$$m(\text{р-ра}) = 700 \text{ г}$$

$$m(\text{осадка}) = ?$$

Решение:

1. Определяем массу насыщенного при $t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ раствора, содержащего 100 г H_2O и 50 г соли:

$$m_1(\text{р-ра}) = m_1(\text{соли}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г} + 100 \text{ г} = 150 \text{ г}.$$

2. Рассчитываем массу насыщенного при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ раствора, содержащего 100 г воды и 20 г соли:

$$m_2(\text{р-ра}) = 20 \text{ г} + 100 \text{ г} = 120 \text{ г}.$$

3. Вычисляем массу осадка, образующегося при охлаждении раствора, содержащего 100 г воды:

$$m(\text{осадка}) = m_1(\text{р-ра}) - m_2(\text{р-ра}) = 150 \text{ г} - 120 \text{ г} = 30 \text{ г}.$$

Таким образом, при охлаждении 150 г раствора, выпадает в осадок 30 г соли.

4. Вычисляем массу осадка, образующегося при охлаждении 700 г раствора:

$$\text{из } 150 \text{ г р-ра} - 30 \text{ г осадка}$$

$$\text{из } 700 \text{ г р-ра} - x \text{ г}$$

$$x = 140 \text{ г}.$$

Ответ: $m(\text{осадка}) = 140 \text{ г}$

Задача № 6

В воде массой 100 г при $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ растворяется 40 г кислоты. Какую массу кислоты нужно взять для приготовления при $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ насыщенного раствора массой 70 г?

Дано:

$$m(\text{р-ра}) = 70 \text{ г}$$

$$K_{25}(\text{к-ты}) = 40$$

Решение:

1. Определяем массу насыщенного раствора, содержащего 40 г кислоты и 100 г воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$$

$m(\text{к-ты}) = ?$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{к-ты}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 40 \text{ г} + 100 \text{ г} = 140 \text{ г}.$$

2. Определяем массовую долю кислоты в насыщенном растворе:

$$\omega(\text{к-ты}) = \frac{m(\text{к-ты})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{к-ты}) = \frac{40 \text{ г}}{140 \text{ г}} \cdot 100\% = 28,6\%.$$

3. Вычисляем массу кислоты, требуемую для приготовления 70 г раствора:

$$m(\text{к-ты}) = \frac{\omega_{\text{к-ты}} \cdot m(\text{р-ра})}{100\%} = \frac{28,6\% \cdot 70 \text{ г}}{100} = 20 \text{ г}.$$

Ответ: для того чтобы приготовить 70 г насыщенного при $t = 25^\circ\text{C}$ раствора, нужно взять 20 г кислоты

Задачи для самостоятельного решения

1. Какую массу сульфата натрия можно получить при $t = 35^\circ\text{C}$, если его растворимость равна 50 (на 100 г H_2O)?

$$\text{Ответ: } m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 16,7 \text{ г}$$

2. Сколько граммов воды необходимо для растворения 30 г нитрата свинца (II) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, чтобы получился насыщенный раствор при $t = 60^\circ\text{C}$? (растворимость $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 105$).

$$\text{Ответ: } m(\text{H}_2\text{O}) = 28,57 \text{ г}$$

3. Имеется 300 г насыщенного при $t = 15^\circ\text{C}$ раствора нитрата калия KNO_3 . Сколько граммов нитрата калия содержится в растворе, если его растворимость равна 25?

$$\text{Ответ: } m(\text{KNO}_3) = 60 \text{ г}$$

4. В 300 г насыщенного при $t = 55^\circ\text{C}$ раствора сульфата магния содержится 100 г MgSO_4 . Определите его коэффициент растворимости.

$$\text{Ответ: } K_{55}(\text{MgSO}_4) = 50 \text{ г}$$

5. Массовая доля хлорида натрия в насыщенном растворе при $t = 25^{\circ}\text{C}$ равна 13,125%. Определите коэффициент растворимости этой соли.

Ответ: $K_{25}(\text{NaCl}) = 15,1 \text{ г}$

6. Коэффициент растворимости хлорида алюминия при температуре 50°C равен 50 г в 100 г H_2O , а при $t = 15^{\circ}\text{C}$ равен 35 г. Определите, сколько граммов соли выпадет в осадок, если 330 г насыщенного при $t = 50^{\circ}\text{C}$ раствора охладить до $t = 15^{\circ}\text{C}$.

Ответ: $m(\text{NH}_4\text{Cl}) \text{ осадка} = 33 \text{ г}$

7. Определите массовую долю хлорида бария BaCl_2 в насыщенном при $t = 20^{\circ}\text{C}$ растворе, если известно, что растворимость BaCl_2 при $t = 20^{\circ}\text{C}$ в 100 г H_2O составляет 35,7 г.

Ответ: $\omega(\text{BaCl}_2) = 26 \%$

Четвертый тип задач с участием кристаллогидратов

В 1887 году Д.И. Менделеев впервые высказал идею о химическом характере процесса растворения в разработанной им сольватной (гидратной) теории растворов.

Согласно этой теории, в результате химического взаимодействия растворителя и растворенного вещества образуются сольваты-ассоциации молекул или ионов растворенного вещества с молекулами растворителя. Если растворителем является вода, то такие ассоциации называют ***гидратами***.

Гидраты, выделенные из растворов, называются ***кристаллогидратами***.

Кристаллогидраты легко обезвоживаются при нагревании.

Приведем примеры:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – медный купорос (пентагидрат сульфата меди (II)).

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – железный купорос (гептагидрат сульфата железа (II)).

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гипс (дигидрат сульфата кальция).

Условно кристаллогидраты можно рассматривать как растворы, которые содержат определенную массовую долю безводного вещества.

Задача № 1

25 г медного купороса растворили в воде массой 175г. Определите массовую долю CuSO_4 в полученном растворе.

Дано:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 25 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 175 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = ?$$

Решение:

Для определения массовой доли CuSO_4 используем алгоритм:

$$\omega(\text{в-ва}) = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%$$

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

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

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль.}$$

1. Определяем массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 25 \text{ г} + 175 \text{ г} = 200 \text{ г.}$$

2. Определяем массу CuSO_4 в кристаллогидрате количеством вещества 1 моль:

$$v(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль}$$

$$25 \text{ г} \quad \dots \quad x \text{ г}$$



$$M = 250 \text{ г/моль} \quad M = 160 \text{ г/моль}$$

$$x = \frac{25 \text{ г} \cdot 160 \text{ г/моль}}{250 \text{ г/моль}} = 16 \text{ г.}$$

3. Определяем $\omega(\text{CuSO}_4)$ в растворе:

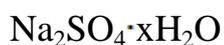
$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{16 \text{ г}}{200 \text{ г}} \cdot 100\% = 8\% \text{ или } 0,08.$$

Ответ: массовая доля CuSO_4 равна 8% или 0,08

Задача № 2

Выведите формулу кристаллогидрата сульфата натрия, если известно, что массовая доля кристаллизационной воды в нем равна 55,9%.

Дано:



$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 55,9\%$$

Решение:

1. Обозначаем число молекул воды, приходящихся на формульную единицу кристаллогидрата, как x , тогда

формулу кристаллогидрата можно записать как:

x – ?



Выражаем молярную массу такого кристаллогидрата:

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = (142 + 18 \cdot x) \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}.$$

2. Массовую долю воды рассчитаем по формуле:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{крист-та})} \cdot 100\%.$$

По условию $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 55,9\%$, получаем уравнение:

$$0,559 = \frac{18x}{142 + 18x}.$$

Решив его, получаем: $x = 10$.

Следовательно, формула кристаллогидрата



Его название декагидрат сульфата натрия, а минерал называют глауберовой солью. Еще одно название «мирабилит».

Ответ: $x = 10$, а формула имеет вид $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Задача № 3

Сколько граммов железного купороса и воды необходимо взять для приготовления 300 г раствора с массовой долей FeSO_4 8%?

Дано:

$$m(\text{р-ра}) = 300 \text{ г}$$

$$\omega(\text{FeSO}_4) = 8 \%$$

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) - ?$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

Решение:

1. Вспоминаем алгоритм:

$$m(\text{в-ва}) = \frac{\omega(\text{в-ва}) \cdot m(\text{р-ра})}{100\%}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{в-ва})$$

$$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 152 + 7 \cdot 18 = 278 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{FeSO}_4) = 152 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}.$$

2. Определяем массу безводного сульфата железа (II) FeSO_4 в растворе, который необходимо приготовить:

$$m(\text{FeSO}_4) = \frac{8\% \cdot 300 \text{ г}}{100\%} = 24 \text{ г.}$$

3. Определяем массу кристаллогидрата, который содержит 24 г FeSO_4 :

возьмем количество вещества 1 моль, тогда:

$$\nu(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{FeSO}_4) = 1 \text{ моль}$$

$$x \text{ г} \qquad \qquad \qquad 24 \text{ г}$$



$$M = 278 \text{ г/моль} \quad M = 152 \text{ г/моль}$$

$$x = \frac{278 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 24 \text{ г}}{152 \text{ г/моль}} = 43,9 \text{ г.}$$

4. Определяем массу воды, необходимую для приготовления раствора:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ г} - 43,9 \text{ г} = 256,1 \text{ г.}$$

Ответ: для приготовления раствора необходимо 43,9 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и 256,1 г H_2O

Задача № 4

При полном обезвоживании 48,3 г кристаллогидрата получено 21,3 г Na_2SO_4 . Определите формулу кристаллогидрата.

Дано:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 48,3 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 21,3 \text{ г}$$

$x - ?$

Решение:

1. Определяем массу воды в кристаллогидрате:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 48,3 \text{ г} - 21,3 \text{ г} = 27 \text{ г.}$$

2. Определяем количество вещества воды и безводного сульфата натрия:

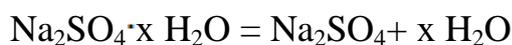
$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{27 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,5 \text{ моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{21,3 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль.}$$

3. Записываем уравнение реакции полного обезвоживания кристаллогидрата:

0,15 моль 1,5 моль

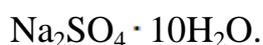


1 моль x моль.

4. Определяем количество воды, которое приходится на 1 моль сульфата натрия:

$$x = \frac{1 \cdot 1,5}{0,15} = 10 \text{ моль.}$$

Следовательно, формула кристаллогидрата



Ответ: $x = 10$, а формула кристаллогидрата



Задача № 5

Сколько граммов $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ нужно растворить в 800 г воды, чтобы получить раствор с массовой долей сульфата натрия 10%?

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 800 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 10\%$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = ?$$

Решение:

1. Пусть масса кристаллогидрата – x г:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x \text{ г.}$$

2. Определяем количество вещества кристаллогидрата:

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 142 + 10 \cdot 18 = 322 \text{ г/моль}$$

$$v = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = \frac{x}{322} \text{ моль.}$$

Количество вещества сульфата натрия в растворе равно количеству вещества кристаллогидрата сульфата натрия, т.е. $\frac{x}{322}$ моль.

3. Находим массу Na_2SO_4 в растворе:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot v(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \cdot \frac{x}{322} = 0,44x.$$

4. Определяем массовую долю Na_2SO_4 в растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m \text{ Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + m(\text{H}_2\text{O})}$$

Подставляем в данное выражение соответствующие величины и получаем:

$$0,1 = \frac{0,44x}{x+800}$$

$$0,1(x+800) = 0,44x$$

$$x = 235 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 235 \text{ г}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Установите формулу кристаллогидрата сульфата железа (II), если известно, что массовая доля воды в этой соли составляет 45,32%.

Ответ: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

2. Определите количество воды в кристаллогидрате хлорида бария

$\text{BaCl}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$, если массовая доля кристаллогидратной воды составляет 14,8%.

Ответ: $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

3. Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в результате нагревания теряет 75% кристаллизационной воды и переходит в другой кристаллогидрат – алебастр. Определите его формулу.

Ответ: $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$

4. В результате прокаливания кристаллогидрата $\text{CaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ массой 37,9 г получили 19,2 г безводной соли. Определите формулу кристаллогидрата.

Ответ: $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

5. Какую массу железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и воды нужно взять для приготовления 1 кг 7,6%-ного раствора сульфата железа (II)?

Ответ: $m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 139 \text{ г}$

$m(\text{H}_2\text{O}) = 861 \text{ г}$

**Пятый тип задач, при условии которых растворимое вещество
взаимодействует с водой**

Задача № 1

Определите массовую долю гидроксида натрия, полученного при взаимодействии 124 г оксида натрия Na_2O и 276 г H_2O .

Дано:

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = 124 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 276 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = ?$$

Решение:

1. Вспоминаем алгоритм:

$$\omega(\text{в-ва}) = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%$$

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

$$m = \nu \cdot M$$

$$M(\text{Na}_2\text{O}) = 62 \text{ г/моль}, M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}.$$

2. Составляем уравнение химической реакции:

$$124 \text{ г} \qquad \qquad \qquad x \text{ г}$$



$$1 \text{ моль} \qquad \qquad \qquad 2 \text{ моль}$$

$$M = 62 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad M = 40 \text{ г/моль}$$

$$m = 62 \text{ г} \qquad \qquad \qquad m = 80 \text{ г}$$

$$x = \frac{124 \text{ г} \cdot 80 \text{ г}}{62 \text{ г}} = 160 \text{ г (NaOH)}.$$

3. Определяем массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 124 \text{ г} + 276 \text{ г} = 400 \text{ г}.$$

4. Находим массовую долю NaOH в растворе:

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{160 \text{ г}}{400 \text{ г}} \cdot 100 \% = 40 \% \text{ или } 0,4.$$

Ответ: $\omega(\text{NaOH}) = 40 \%$

Задача № 2

7,8 г калия массой растворили в 200 г воды. Определите массовую долю вещества в образованном растворе.

Дано:

$$m(K) = 7,8 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 200 \text{ г}$$

$$\omega(KOH) = ?$$

Решение:

1. Алгоритм решения задачи:

$$\omega(\text{в-ва}) = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{в-ва}) + m(H_2O)$$

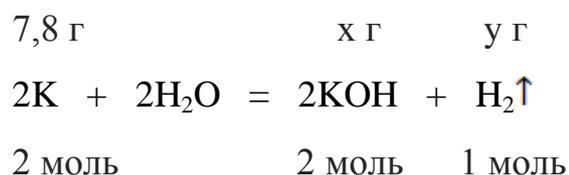
$$m = \nu \cdot M$$

$$M(K) = 39 \text{ г/моль}, M(KOH) = 56 \text{ г/моль}, M(H_2) = 2 \text{ г/моль}.$$

2. Задачу можно решить двумя способами:

I способ:

Записываем уравнение химической реакции:



$$M = 39 \text{ г/моль} \quad M = 56 \text{ г/моль} \quad M = 2 \text{ г/моль}$$

$$m = 78 \text{ г} \quad m = 112 \text{ г} \quad m = 2 \text{ г}$$

$$x = \frac{7,8 \text{ г} \cdot 112 \text{ г}}{78 \text{ г}} = 11,2 \text{ г (m (KOH))}$$

$$y = \frac{7,8 \text{ г} \cdot 2 \text{ г}}{78 \text{ г}} = 0,2 \text{ г (m (H}_2\text{))}.$$

II способ:

Определяем количество металлического калия, вступившего в реакцию:

$$\nu = \frac{m(K)}{M(K)} = \frac{7,8 \text{ г}}{39 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}.$$

Тогда в соответствии с уравнением реакции образовалось 0,1 моль H_2 и 0,2 моль KOH.

$$m(H_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ г}$$

$$m(KOH) = 0,2 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 11,2 \text{ г}.$$

3. Определяем массу образованного раствора.

!!! Но обязательно следует учитывать уменьшение массы раствора в результате выделения водорода.

$$m(p-pa) = m(K) + m(H_2O) - m(H_2) = 7,8 \text{ г} + 200 \text{ г} - 0,2 \text{ г} = 207,6 \text{ г}.$$

4. Определяем массовую долю KOH в растворе:

$$\omega(KOH) = \frac{11,2 \text{ г}}{207,6 \text{ г}} \cdot 100 \% = 5,39 \% \text{ или } 0,0539.$$

Ответ: $\omega(KOH) = 5,39 \%$

Задачи для самостоятельного решения

1. 2,3 г натрия массой растворили в 100 мл воды. Определите массовую долю растворенного вещества в полученном растворе.

Ответ: $\omega(NaOH) = 3,914 \%$

2. Определите массу воды и оксида натрия, которые необходимы для приготовления 600 г 20%-ного раствора NaOH.

Ответ: $m(Na) = 93 \text{ г}$; $m(H_2O) = 507 \text{ г}$

3. В каком объеме воды необходимо растворить 213 г оксида фосфора (V), чтобы образовался раствор ортофосфорной кислоты с массовой долей кислоты 49%?

Ответ: $V(H_2O) = 387 \text{ мл}$

Шестой тип задач по уравнениям химических реакций между раствором соли и металлом

Характерным свойством металлов является их способность отдавать электроны, образуя положительно заряженные ионы (катионы).

Восстановительная способность разных металлов не одинаковая.

В 1865 году русский ученый М. Бекетов опытным путем доказал вытеснение одних металлов другими из растворов их солей и создал электрохимический ряд напряжений металлов:

Li; K; Ca; Na; Mg; Al; Mn; Zn; Cr; Fe; Ni; Sn; Pb; H₂; Cu; Hg; Ag; Pt; Au →

Уменьшение восстановительных свойств

Металл с более сильными восстановительными свойствами (находится левее) вытесняет из раствора соли металл, который является более слабым восстановителем.

ЗАПОМНИТЕ! *Металлы, которые при нормальных условиях реагируют с водой (литий, калий, кальций, натрий), не будут вытеснять другой металл из водного раствора. Почему?*

Задача № 1

Кадмиевую пластину поместили в раствор медного купороса, при этом ее масса уменьшилась на 3 г. Определите массу кадмия, который перешел в раствор.

Дано:



$$\Delta m = 3 \text{ г}$$

$$m(\text{Cd}) = ?$$

Решение:



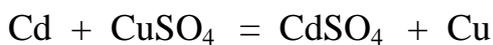
Из уравнения химической реакции видно, что изменение массы пластинки происходит в результате перехода в раствор кадмия в виде ионов и одновременно выделением восстановленной меди.

$$M(\text{Cd}) = 112 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль}$$

Δm – разница массы по условию

ΔM – разница молярных масс



$$112 \text{ г/моль}$$

$$64 \text{ г/моль.}$$

2. Определяем, на какую величину происходит уменьшение массы пластинки:

$$\Delta M = 112 \text{ г/моль} - 64 \text{ г/моль} = 48 \text{ г/моль.}$$

3. Определим массу кадмия, который перешел в раствор:

$$112 \text{ г/моль} - 1 \text{ моль Cd} \rightarrow \text{уменьшение } 48 \text{ г/моль}$$

$$x = \text{Cd} \rightarrow \text{уменьшение на } 3 \text{ г}$$

$$x = \frac{112 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 3 \text{ г}}{48 \text{ г/моль}} = 7 \text{ г.}$$

Ответ: в раствор перешло 7 г кадмия $m(\text{Cd}) = 7 \text{ г}$

Задача № 2

Железную пластину массой 100 г поместили в раствор медного купороса. Через некоторое время пластину достали, промыли, высушили. Ее масса стала равной 101,3 г. Определите массу меди, которая образовалась на пластинке.

Дано:

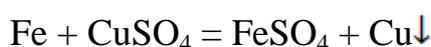
$$m_1(\text{Fe}) = 100 \text{ г}$$

$$m_2(\text{пласт}) = 101,3 \text{ г}$$

$$m(\text{Cu}) - ?$$

Решение:

I способ:



1 моль

1 моль

1. Пусть в результате взаимодействия в раствор перешло x моль железа по уравнению реакции:

$$v(\text{Fe}) = v(\text{Cu})$$

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \Rightarrow m = v \cdot M = x \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 56x$$

$$M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль} \Rightarrow m = v \cdot M = x \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 64x.$$

2. Изменения, которые произошли с массой пластинки, можно выразить уравнением:

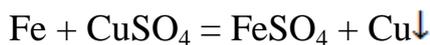
$$100 - 56x + 64x = 101,3$$

$$8x = 1,3$$

$$x = 0,1625 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = v(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,1625 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 10,4 \text{ г.}$$

II способ:



1 моль

1 моль

$$M = 56 \text{ г/моль} \quad M = 64 \text{ г/моль}$$

$$M = 56 \text{ г}$$

$$m = 64 \text{ г}$$

$$\Delta m = 64 - 56 = 8 \text{ г.}$$

Изменение массы пластины обусловлено:

А) переходом железа в раствор, что уменьшает ее массу;

Б) осаждением на ней меди, что увеличивает ее массу.

Если количество вещества каждого металла равно 1 моль, то увеличение массы пластинки будет равен 8 г.

По условию задачи увеличение массы пластинки:

$$\Delta m(\text{пласт}) = 101,3 \text{ г} - 100 \text{ г} = 1,3 \text{ г}.$$

Таким образом:

$$\Delta m(\text{пласт}) = 8 \text{ г}, \text{ если на ней оседает } 64 \text{ г меди}.$$

$$\Delta m(\text{пл}) = 1,3 \text{ г} \quad \text{—————} \quad x(\text{Cu})$$

$$x = 10,4 \text{ г}.$$

Ответ: на пластинке осела медь массой 10,4 г

Задачи для самостоятельного решения

1. В результате нахождения железной пластины в растворе сульфата меди (II) ее масса увеличилась на 0,8 г. Рассчитайте массу железа, которое перешло в раствор.

$$\text{Ответ: } m(\text{Fe}) = 5,6 \text{ г}$$

2. В результате нахождения медной пластинки в растворе нитрата серебра, ее масса увеличилась на 0,55 г. Какая масса серебра осела на пластинке? Какая масса меди перешла в раствор?

$$\text{Ответ: } m(\text{Ag}) = 1,35 \text{ г}; m(\text{Cu}) = 0,8 \text{ г}$$

3. Медная пластинка погружена в раствор нитрата серебра массой 50 г с массовой долей растворенного вещества 6%. После окончания реакции масса пластинки увеличилась на 0,42 г. Определите массовую долю нитрата серебра в полученном растворе.

$$\text{Ответ: } \omega(\text{AgNO}_3) = 4,15 \%$$

Седьмой тип задач на вычисление массы или объема продукта реакции, если исходное вещество содержит примеси

Схемы расчетов по химическим уравнениям основываются на законе сохранения массы веществ и справедливы, если в реакцию вступают абсолютно чистые вещества.

Расчеты ведем, используя данные (массу или объем) только «чистых веществ» (без примесей).

Для решения подобных задач используем формулы:

$$1. \omega (\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{в-ва} + \text{примесей})} \cdot 100\%.$$

$$2. \omega (\text{в-ва}) = 1 - \omega (\text{примесей}) \text{ или } \omega (\text{в-ва}) = 100\% - \omega(\text{примесей}).$$

$$3. m (\text{чистого в-ва}) = \omega (\text{чистого в-ва}) \cdot m (\text{примесей} + \text{в-ва}).$$

Задача № 1

Какой объем водорода (н.у.) выделится в результате растворения в хлороводородной кислоте железа массой 2,86 г (массовая доля примесей 2%)?

Дано:

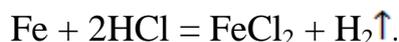
$m(\text{железа с прим}) = 2,86 \text{ г}$

$\omega (\text{примесей}) = 2\% \text{ или } 0,02$

$V(\text{H}_2) - ?$

Решение:

1. Записываем уравнение химической реакции



2. По условию задачи определяем массовую долю железа:

$$\omega (\text{Fe}) = 100\% - 2\% = 98\% \text{ или } \omega (\text{Fe}) = 1 - 0,02 = 0,98.$$

3. Тогда масса чистого железа равна:

$$m (\text{Fe}) = \omega (\text{Fe}) \cdot m(\text{железа с примесями}) = 0,98 \cdot 2,86 \text{ г} = 2,8 \text{ г}.$$

4. Определяем количество вещества железа:

$$v(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{2,8 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}.$$

5. По уравнению химической реакции:

$$v(\text{H}_2) = v(\text{Fe}) = 0,05 \text{ моль, тогда } V(\text{H}_2) = v(\text{H}_2) \cdot V_m$$

$$V(\text{H}_2) = 0,05 \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,12 \text{ л}.$$

Ответ: $V(\text{H}_2) = 1,12 \text{ л}$

Задача № 2

Какой объем воздуха потребуется для сгорания 50 г угля (н.у.), если массовая доля негорючих примесей равна 5%?

Дано:

$$m(\text{C}; \text{прим}) = 50 \text{ г}$$

$$\omega(\text{примеси}) = 5 \% \text{ или } 0,05$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21 \%$$

$$V(\text{воздуха}) - ?$$

Решение:

1. Определяем массовую долю углерода:

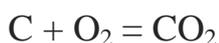
$$\omega(\text{C}) = 1 - 0,05 = 0,95.$$

2. Определяем массу углерода:

$$m(\text{C}) = \omega(\text{C}) \cdot m(\text{C}; \text{примесей}) = 0,95 \cdot 50 \text{ г} = 47,5 \text{ г}.$$

$$3. \nu(\text{C}) = \frac{m}{M} = \frac{47,5 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 3,96 \text{ моль}.$$

4. По уравнению химической реакции:



$$\nu(\text{C}) = \nu(\text{O}_2) = 3,96 \text{ моль}$$

$$\text{тогда } V(\text{O}_2) = \nu \cdot V_m = 3,96 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 88,7 \text{ л (O}_2\text{)}.$$

5. Для того чтобы найти объем воздуха, вспоминаем, что объемная доля кислорода в воздухе равна 21%:

$$88,7 \text{ л} \quad \text{—} \quad 21\%$$

$$x \text{ л} \quad \text{—} \quad 100 \%$$

$$x = \frac{88,7 \text{ л} \cdot 100 \%}{21 \%} = 422,4 \text{ л}.$$

$$\text{Ответ: } V(\text{воздуха}) = 422,4 \text{ л}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Оксид кальция массой 61,6 г с массовой долей примесей 10% прореагировал с водой. Определите массу образовавшегося гидроксида кальция.

$$\text{Ответ: } m(\text{Ca(OH)}_2) = 73,26 \text{ г}$$

2. Образец кальция массой 2,1 г с массовой долей примесей 5% прореагировал с водой. Вычислите объем газа (н.у.), образовавшегося в результате реакции.

$$\text{Ответ: } V(\text{H}_2) = 1,12 \text{ л}$$

3. Нагрели бертолетову соль массой 25,725 г с массовой долей примесей 0,05 до полного ее разложения. Определите объем выделившегося кислорода.

Ответ: $V(\text{O}_2) = 6,72$ л

4. Оксид цинка массой 9 г с массовой долей примесей 10% полностью прореагировал с хлороводородной кислотой. Определить продукты реакции и их массы.

Ответ: $m(\text{ZnCl}_2) = 13,6$ г и $m(\text{H}_2) = 1,8$ г

5. Гидроксид меди (II) массой 54,5 г с массовой долей примесей 0,1 разложили. Твёрдый остаток отфильтровали и через него пропустили водород при нагревании до полного восстановления металла. Какая масса восстановленного металла образовалась? Какому количеству вещества соответствует эта масса?

Ответ: $m(\text{Cu}) = 32$ г; $\nu(\text{Cu}) = 0,5$ моль

6. Карбонат магния массой 201 г с массовой долей примесей 20% разложили. При этом образовался газ, который пропустили через раствор гидроксида калия до образования средней соли. Определите массу и количество вещества данной соли.

Ответ: $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 262,2$ г; $\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = 1,9$ моль

Восьмой тип задач с использованием понятия

«массовая и объемная доля выхода продукта реакции»

Различают:

А) практический выход продукта реакции – это масса или объем продукта, который получают в процессе производства или лабораторных исследований;

Б) теоретический выход продукта реакции – это масса или объем продукта, который можно было бы получить соответственно расчетам по уравнению химической реакции.

η - *массовая доля выхода продукта*, это отношение массы практического выхода к массе теоретического выхода продукта реакции.

$$\eta_{(\text{эта})} = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теорет.}}} \cdot 100 \%$$

Выражается:

А) в частях от единицы;

Б) в процентах.

Существует еще объемная доля выхода продукта реакции:

$$\varphi_{(\text{фи})} = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теорет.}}} \cdot 100\%$$

ЗАПОМНИТЕ!!! Теоретический выход продукта реакции находим с помощью расчетов по уравнению химической реакции.

Задача № 1

Какой объем водорода (н.у.) можно получить при взаимодействии 60 г магния с хлороводородной кислотой, если выход продукта реакции равен 95%?

Дано:

$$m(\text{Mg}) = 60 \text{ г}$$

$$\varphi = 95 \%$$

$$V_{(\text{практ})}(\text{H}_2) - ?$$

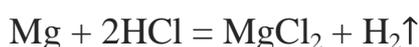
Решение:

$$1. \varphi_{(\text{фи})} = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теорет.}}} \cdot 100\%$$

$V_{(\text{теор})}$ определяем по уравнению химической реакции, а $V_{(\text{практ})}$ найдем, преобразуя формулу:

$$V_{(\text{практ})} = \frac{\varphi \cdot V_{(\text{теор})}}{100\%}$$

2. Записываем уравнение химической реакции:



$$v(\text{Mg}) : v(\text{H}_2) = 1 : 1$$

$$\text{определяем } v(\text{Mg}) = \frac{60 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = 2,5 \text{ моль}$$

следовательно: $v(\text{H}_2) = 2,5 \text{ моль}$.

С помощью формулы определяем объем теоретического выхода продукта реакции:

$$V = V_m \cdot v = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 2,5 \text{ моль} = 56 \text{ л (H}_2 \text{ теор.)}$$

3. Найдем реальный (практический) объем водорода:

$$4. V_{(\text{практ})} = \frac{95\% \cdot 56 \text{ л}}{100\%} = 53,2 \text{ л.}$$

Ответ: $V(\text{H}_2) = 53,2 \text{ л}$

ЗАПОМНИТЕ!!! Практический объем или масса продукта реакции всегда меньше теоретического объема или массы.

Задача № 2

Определите массу уксусной кислоты, которая расходуется для синтеза уксусно-этилового эфира, если полученная масса 70,4 г составляет 80% от теоретически возможного.

Дано:

$$m(\text{эфира практ}) = 70,4 \text{ г}$$

$$\eta = 80 \% \text{ или } 0,8$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) - ?$$

Решение:

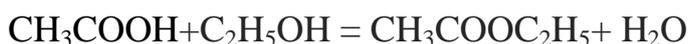
$$1. \eta = \frac{m \text{ практ.}}{m \text{ теорет.}}$$

$$m_{(\text{теор})} = \frac{m(\text{практ})}{\eta} = \frac{70,4 \text{ г}}{0,8} = 88 \text{ г}$$

$$\text{Сравните: } m_{(\text{эфира практ})} = 70,4 \text{ г}$$

$$m_{(\text{эфира теор})} = 88 \text{ г.}$$

2. Записываем уравнение химической реакции:



$$\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) : \nu(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 1 : 1$$

$$\nu(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = \frac{m}{M} = \frac{88 \text{ г}}{88 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль.}$$

$$3. m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \nu \cdot M = 1 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 60 \text{ г.}$$

$$\text{Ответ: } m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Какой объем (н.у.) аммиака можно получить из 67,2 л водорода (нормальные условия), если выход продукта реакции составляет 60%?

$$\text{Ответ: } V(\text{NH}_3) = 26,9 \text{ л}$$

2. Какой объем (н.у.) углекислого газа можно получить при прокаливании 50 г карбоната кальция, если выход продукта реакции составляет 80%?

$$\text{Ответ: } V(\text{CO}_2) = 8,96 \text{ л}$$

3. При прокаливании 100 г MgCO_3 получили 25 л (н.у.) CO_2 . Определите выход продукта реакции.

$$\text{Ответ: } \eta = 93,6\%$$

4. При взаимодействии 22,4 л водорода с бромом получили 30 л (н.у.) бромоводорода. Определите выход продукта реакции.

$$\text{Ответ: } \eta = 67\%$$

5. 9,6 г магния сожгли в атмосфере кислорода. Образованный оксид прореагировал с оксидом углерода (IV). Образовался карбонат магния массой 32 г. Определите массовую долю выхода продукта реакции по отношению к теоретическому выходу.

Ответ: $\eta = 95,23\%$

6. В лаборатории восстановлением нитробензола массой 61,5 г получили анилин массой 44 г. Определите массовую долю (в %) выхода анилина от теоретически возможного.
 $C_6H_5NO_2 + 3H_2 \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$.

Ответ: $\eta = 94,62\%$

Девятый тип задач по химическому уравнению, если один из реагентов взят в избытке (задачи на избыток – недостаток)

1) Задача состоит из трех частей:

I – химическая – краткая запись данных, составление уравнения реакции;

II – аналитическая – анализ данных в условии и уравнения реакции;

III – математическая – расчеты по уравнению реакции.

2) Данный тип задач предполагает определение реагента, который взят в избытке.

3) Массу (количество, объем) продукта определяют по веществу, полностью израсходованному в реакции.

Задача № 1

Какой объем газа выделится при взаимодействии 6,5 г цинка с 19,6 г серной кислоты?

Дано:

$m(\text{Zn}) = 6,5\text{ г}$

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 19,6\text{ г}$

$V(\text{H}_2) = ?$

Решение:

1. Записываем уравнение химической реакции, подчеркиваем вещества-реагенты, о которых идет речь в задаче:

6,5 г 19,6 г

Zn + H₂SO₄ = ZnSO₄ + H₂

1 моль 1 моль

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\text{ г/моль}; M(\text{Zn}) = 65\text{ г/моль}.$

$V(\text{SO}_2) - ?$

71 г 0,5 моль



1 моль 1 моль

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 106 \text{ г/моль}$$

$$v = \frac{m}{M}$$

$$v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{71}{106} = 0,67 \text{ моль.}$$

2. Для реакции необходимо 0,67 моль H_2SO_4 , а по условию её 0,5 моль, следовательно, она расходуется полностью и дальнейший расчет ведем по H_2SO_4 :



1 моль

1 моль

$$v(\text{SO}_2) = v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ моль}$$

$$V = V_m \cdot v$$

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

$$V = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 11,2 \text{ л.}$$

Ответ: 11,2 л SO_2

Задача № 3

К раствору, содержащему нитрат серебра массой 25,5 г, прилили раствор, содержащий сульфид натрия массой 7,8 г. Определите массу образовавшегося осадка.

Дано:

$$m(\text{AgNO}_3) = 25,5 \text{ г}$$

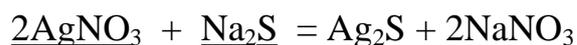
$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 7,8 \text{ г}$$

$$m(\text{Ag}_2\text{S}) - ?$$

Решение:

1. Составляем уравнение химической реакции, подчеркиваем вещества-реагенты, о которых идет речь в задаче:

25,5 г 7,8 г



2 моль 1 моль

$$M(\text{AgNO}_3) = 170 \text{ г/моль}; M(\text{Na}_2\text{S}) = 78 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{Ag}_2\text{S}) = 248 \text{ г/моль.}$$

2. По уравнению реакции: $v(\text{AgNO}_3) : v(\text{Na}_2\text{S}) = 2:1$.

3. По условию задачи:

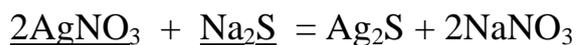
$$v = \frac{m}{M}$$

$$v(\text{AgNO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{25,5 \text{ г}}{170 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$v(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{m}{M} = \frac{7,8 \text{ г}}{78 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль.}$$

4. Над формулами веществ-реагентов надписываем количество молей по условию задачи:

0,15 моль 0,1 моль



2 моль 1 моль

Следовательно, вещество Na_2S – в избытке, расчёт
ведем по веществу, которое дано в недостатке –
 AgNO_3 .

5. Определяем количество вещества продукта реакции по количеству вещества, данного в недостатке, и определяем его массу:

$$v(\text{Ag}_2\text{S}) = 1/2 v(\text{AgNO}_3) = 1/2 \cdot 0,15 \text{ моль} = 0,075 \text{ моль}$$

$$m = v \cdot M = 0,075 \text{ моль} \cdot 248 \text{ г/моль} = 18,6 \text{ г.}$$

Ответ: масса образовавшегося осадка 18,6 г

Задачи для самостоятельного решения

1. Вычислите массу осадка, который образуется при взаимодействии хлорида кальция массой 22,2 г с карбонатом натрия массой 25.

Ответ: 20 г

2. В раствор, содержащий хлорид меди (II) массой 2,7 г, внесли цинк массой 2,6 г. Рассчитайте массу меди, которая может быть получена при этом.

Ответ: 1,28 г

3. Для реакции взяли 4 г водорода и 4 г кислорода. Определите массу и количество вещества воды, которая будет получена.

Ответ: 4,5 г; 0,25 моль

4. Оксид кальция массой 2,8 г растворили в 200 г хлороводородной кислоты. Рассчитайте массовую долю хлорида кальция в полученном растворе.

Ответ: 2,74 %

5. Какая масса хлорида цинка будет получена, если для реакции взяты 13,65г цинка и 14,2г хлора. Массовая доля выхода продукта реакции составляет 85 %.

Ответ: 23,12 г

Десятый тип задач на нахождение молекулярной формулы вещества

А) Нахождение молекулярной формулы по известным массовым долям элементов.

Задача №1

Выведите формулу органического вещества, если известны массовые доли элементов $\omega(\text{C}) = 51,89\%$; $\omega(\text{H}) = 9,73\%$; $\omega(\text{Cl}) = 38,38\%$. Относительная плотность паров этого вещества по воздуху равна 3,19.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 51,89\%$$

$$\omega(\text{H}) = 9,73\%$$

$$\omega(\text{Cl}) = 38,38\%$$

$$D_{\text{возд}} = 3,19$$



Решение:

I способ

1. Находим эмпирическую (простейшую) формулу:

Обозначим количество атомов С-х; Н-у; Cl-z. Тогда:

$$x : y : z = \nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) : \nu(\text{Cl}).$$

2. Возьмем для расчетов массу вещества, равную

100 г. Тогда по формуле:

$$m(\text{хим. эл.}) = \frac{m(\text{в-ва}) \cdot \omega(\text{хим.эл.})}{100\%}$$

Подставим значения:

$$m(\text{C}) = \frac{100 \text{ г} \cdot 51,89 \%}{100 \%} = 51,89 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = 9,73 \text{ г}$$

$$m(\text{Cl}) = 38,38 \text{ г.}$$

3. По формуле $\nu = \frac{m}{M}$

$$M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}, M(\text{H}) = 1 \text{ г/моль}, M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{C}) = \frac{51,89 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 4,32 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}) = \frac{9,73 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 9,73 \text{ моль}$$

$$v(\text{Cl}) = \frac{38,38 \text{ г}}{35,5 \text{ г/моль}} = 1,08 \text{ моль}$$

$$x : y : z = 4,32 : 9,73 : 1,08 = /:1,08 = 4 : 9 : 1.$$

Получаем эмпирическую формулу $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$.

4. Определяем молярную массу неизвестного вещества:

$$D_{\text{возд}} = \frac{M(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z)}{M(\text{возд})}$$

$$M(\text{возд}) = 29 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z) = M(\text{возд}) \cdot D_{\text{возд}} = 3,19 \cdot 29 \text{ г/моль} = 92,5 \text{ г/моль}.$$

5. Находим молярную массу вещества, отвечающего наипростейшей формуле:

$$M(\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}) = 92,5 \text{ г/моль}$$

Формула $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ является истинной.

II способ

1. Определяем молярную массу неизвестного вещества:

$$D_{\text{возд}} = \frac{M(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z)}{M(\text{возд})}$$

$$M(\text{возд}) = 29 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z) = M(\text{возд}) \cdot D_{\text{возд}} = 3,19 \cdot 29 \text{ г/моль} = 92,5 \text{ г/моль}.$$

2. Обозначим количество атомов С – x; Н – y; Cl – z.

Тогда: $x : y : z = v(\text{C}) : v(\text{H}) : v(\text{Cl})$.

3. По формуле $v = \frac{m}{M}$

$$M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}, M(\text{H}) = 1 \text{ г/моль}, M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{C}) = \frac{0,5189 \cdot 92,5 \text{ г/моль}}{12 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}) = \frac{0,0973 \cdot 92,5 \text{ г/моль}}{1 \text{ г/моль}} = 9 \text{ моль}$$

$$v(\text{Cl}) = \frac{0,3838 \cdot 92,5 \text{ г/моль}}{35,5 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль}$$

$$x : y : z = 4 : 9 : 1$$

Получаем формулу $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$.

Ответ: $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$

Б) Нахождение молекулярной формулы вещества по данным продуктов сгорания этого вещества.

Задача № 2

При сгорании 1,5 г органического вещества образовалось 2,2 г оксида углерода (IV) и 0,9 г воды. Плотность паров этого вещества по водороду равна 45. Определите молекулярную формулу этого вещества.

Дано:

$$m(\text{в-ва}) = 1,5 \text{ г} + \text{O}_2$$

$$m(\text{CO}_2) = 2,2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,9 \text{ г}$$

$$D(\text{H}_2) = 45$$

$$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z - ?$$

Решение:

I способ

1. Определяем массу и количество вещества углерода, содержащегося в 1,5 г вещества:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{2,2 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2)$$

Следовательно:

$$m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г.}$$

2. Определяем массу и количество вещества водорода, содержащегося в 1,5 г вещества:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{H}) = 2\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}) = \nu(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ г.}$$

3. Определяем, входит ли в состав вещества кислород:

$$m(\text{O}) = m(\text{в-ва}) - (m(\text{C}) + m(\text{H})) = 1,5 \text{ г} - (0,6 \text{ г} + 0,1) = 0,8 \text{ г (O)}.$$

4. Определяем количество вещества кислорода:

$$\nu(\text{O}) = 0,8 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль.}$$

5. Находим отношения количества вещества элементов:

$$v(C):v(H):v(O) = 0,05 : 0,1 : 0,05 = /: 0,05 = 1 : 2 : 1$$

Следовательно, простейшая формула соединения CH_2O .

6. Находим молярные массы простейшей формулы и искомого вещества:

$$M(\text{CH}_2\text{O}) = 30 \text{ г/моль}$$

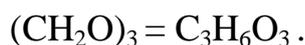
$$M(\text{искомого в-ва}) = 2 \cdot D(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль} \cdot 45 = 90 \text{ г/моль}$$

$$D(\text{H}_2) = \frac{M(\text{H}_2)}{M(\text{в-ва})}$$

7. Молярные массы не совпадают. Находим истинную формулу органического вещества.

$$n = \frac{M(\text{в-ва})}{M(\text{CH}_2\text{O})} = \frac{90}{30} = 3.$$

Следовательно, число атомов каждого элемента нужно увеличить в 3 раза:



Это истинная формула органического вещества.

II способ

1. Определяем молярную массу искомого вещества:

$$D(\text{H}_2) = \frac{M(\text{H}_2)}{M(\text{в-ва})} \Rightarrow M(\text{в-ва}) = 2 \cdot D(\text{H}_2)$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{в-ва}) = 2 \cdot 45 = 90 \text{ г/моль}.$$

2. Определяем количество вещества:

$$\text{А) } v(\text{в-ва}) = \frac{m(\text{в-ва})}{M(\text{в-ва})} = \frac{1,5 \text{ г}}{90 \text{ г/моль}} = 0,0167 \text{ моль}$$

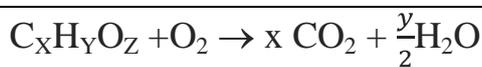
$$\text{Б) } v(\text{CO}_2) = \frac{2,2 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

$$\text{В) } v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

Получаем:

$v(\text{в-ва}) : v(\text{CO}_2) : v(\text{H}_2\text{O}) = 0,0167 : 0,05 : 0,05$ /разделим на меньшее и получаем, что при сжигании 1 моль искомого вещества: $v(\text{в-ва}) : v(\text{CO}_2) : v(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 3 : 3$.

3. Составляем схему уравнения химической реакции:



Отсюда следует, что $x = 3$, а $y = 6$.

4. Т.е. в состав вещества входят 3 атома углерода и 6 атомов водорода.

Отвечаем на вопрос, входит ли в состав неизвестного вещества кислород. Находим молярную массу фрагмента C_3H_6 и сравним ее с молярной массой вещества:

$$M(C_3H_6) = 42 \text{ г/моль}$$

$$M(O_z) = M(\text{в-ва}) - M(C_3H_6) = 90 \text{ г/моль} - 42 \text{ г/моль} = \\ = 48 \text{ г/моль.}$$

5. Определяем количество атомов кислорода в молекуле вещества:

$$z = \frac{M(O_z)}{Ar(O)} = \frac{48 \text{ г/моль}}{16 \text{ г/моль}} = 3.$$

Ответ: искомая формула $C_3H_6O_3$

В) Определение формул органических веществ по общим формулам классов органических веществ:

Задача №3

Определите формулу алкана, если его относительная молекулярная масса равна 100.

Дано:

$$Mr(C_nH_{2n+2}) = 100 \text{ г}$$



Решение:

$$Mr(C_nH_{2n+2}) = n \cdot Ar(C) + (2n+2) \cdot Ar(H)$$

$$Ar(C) = 12; Ar(H) = 1$$

$$Mr(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2 = 100$$

$$14n = 98$$

$$n = 7.$$

Ответ: C_7H_{16}

Г) Определение молекулярной формулы по уравнению химической реакции:

Задача № 4

Алкен массой 4,2 г присоединяет 16 г брома. Определите молекулярную формулу алкена.

Дано:	Решение:
$m(C_nH_{2n}) = 4,2г$	Записываем уравнение химической реакции:
$m(Br_2) = 16г$	4,2 г 16 г
$C_nH_{2n} - ?$	$C_nH_{2n} + Br_2 \rightarrow C_nH_{2n}Br_2$
	1 моль 1 моль
	$M(Br_2) = 160 \text{ г/моль}$
	$v(Br_2) = \frac{m(Br_2)}{M(Br_2)} = \frac{16 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$
	$v(C_nH_{2n}) = v(Br_2) = 0,1 \text{ моль}$
	$M = \frac{m}{v} = \frac{4,2 \text{ г}}{0,1 \text{ моль}} = 42 \text{ г/моль}$
	$M(C_nH_{2n}) = 42 \text{ г/моль.}$
	Определяем n:
	$12n + 2n = 42$
	$14n = 42$
	$n = 3$
	C_3H_6 .
	Ответ: неизвестный алкен C_3H_6 (пропен)

Задачи для самостоятельного решения

1. Определите молекулярную формулу вещества, если оно содержит 85,71% углерода и 14,29% водорода. Относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 14.

Ответ: C_2H_4

2. В состав химического соединения входят 34,6% натрия, 23,3% фосфора и 42,1% кислорода. Определите простейшую формулу.

Ответ: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

3. При сгорании органического вещества массой 2,7 г образовалось 5,28 г оксида углерода (IV) и 2,7 г воды. Плотность паров этого вещества по водороду равна 45. Определите молекулярную формулу вещества.

Ответ: $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$

4. При сгорании органического вещества массой 4,2 г образовалось 13,2 г оксида углерода (IV) и 5,4 г H_2O . Плотность паров этого вещества по воздуху равна 2,9. Определите молекулярную формулу вещества.

Ответ: C_6H_{12}

5. Определите формулы алканов, молекулярные массы которых:

А) $M_r(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 44$

Б) $M_r(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 72$.

Ответ: C_3H_8 , C_5H_{12}

6. Углеводород класса алкенов массой 1,4 г обесцветил раствор бромной воды массой 200 г с массовой долей брома 2 %. Определите молекулярную формулу углеводорода.

Ответ: C_4H_8

7. Углеводород, принадлежащий классу алкадиенов массой 5,4 г, полностью прореагировал с 32 г брома. Определите молекулярную формулу углеводорода, составьте структурные формулы его изомеров.

Ответ: C_4H_6