

Телепроект «МОЯ ШКОЛА в online»

ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

ХИМИЯ

11 класс

Урок № 11

Общие подходы в решении заданий 34.
Задачи на растворимость.

Деглина Татьяна Евгеньевна,
учитель химии, МОУ "Гимназия 1",
г. Воскресенск, Московская обл., эксперт ЕГЭ по химии
Московской области, автор издательства "Просвещение"

Что мы сегодня будем изучать?

**Общие подходы к решению
расчетных задач по химии (задание 34).**

**Решение задач с применением
понятия «растворимость».**

Спецификация ЕГЭ по химии (2020 г)

Задание 34

- Расчёты с использованием понятий «растворимость», «массовая доля вещества в растворе».
- Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси). В
- Расчеты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества.
- Расчёты массовой или объёмной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного.
- Расчёты массовой доли (массы) химического соединения в смеси.



Обязательные элементы задачи

- уравнения всех происходящих реакций,
- расчеты с применением значений для исходных веществ,
- логические рассуждения и расчеты по нахождению определяемых величин,
- получение окончательного ответа.



Какие расчеты нужно уметь делать?

- Расчет массы раствора по известной плотности и объему или определение объема раствора по известной массе и плотности:

$$m(p - p_a) = \rho \cdot V(p - p_a)$$

$$V(p - p_a) = \frac{m(p - p_a)}{\rho}$$

- Расчет относительной молекулярной (молярной) массы вещества (делать, **но можно не показывать расчет**)
- Определение количества вещества, массы или объема вещества по соотношениям:

$$n(\nu) = \frac{m}{M} = \frac{V_{\text{газа}}}{V_m}$$

Какие расчеты нужно уметь делать?

Расчеты соотношений количеств веществ по химическому уравнению:

0,02 моль $x = 0,08$ моль



1 моль

3 моль

Какие расчеты нужно уметь делать?

Расчеты соотношений количеств веществ по химическому уравнению:

0,02 моль $x = 0,08$ моль



1 моль

3 моль

$$\frac{0,02}{1} < \frac{0,08}{3} - \text{KOH изб}$$

Массовая доля

$$\text{Доля} = \frac{\text{часть}}{\text{целое}}$$



Массовая доля

- Массовая доля элемента в соединении:

$$\omega(\text{элемента}) = \frac{n \cdot Ar(\text{элемента})}{Mr(\text{вещества})}$$

- Массовая доля растворенного вещества:

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

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

Массовая доля

- Массовая доля примесей:

$$\omega(\text{примеси}) = \frac{m(\text{примеси})}{m(\text{смеси})}$$

$$m(\text{примеси}) = \omega(\text{примеси}) \cdot m(\text{смеси})$$

$$m(\text{чистого вещества}) = m(\text{смеси}) - m(\text{прим.})$$

- Массовая доля соединения в смеси:

$$\omega(\text{в} - \text{ва}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{смеси})}$$

Массовая доля

- Массовая доля выхода продукта реакции:

$$\omega(\text{выхода вещества}) =$$

$$= \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теор.})} = \frac{n(\text{практ.})}{n(\text{теор.})} = \frac{V_{\text{газа}}(\text{практ.})}{V_{\text{газа}}(\text{теор.})}$$

Растворимость

- Понятие растворимость s или k_s – максимальная масса вещества, которую можно растворить в 100 г в воды при данной температуре:

$$\omega(B - Ba) = \frac{s}{100 + s}$$

$$s = \frac{100\omega(B - Ba)}{1 - \omega(B - Ba)}$$

Кристаллогидрат

- Кристаллогидрат – кристаллическое вещество, содержащее в своей структуре молекулы воды

(например, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - медный купорос)

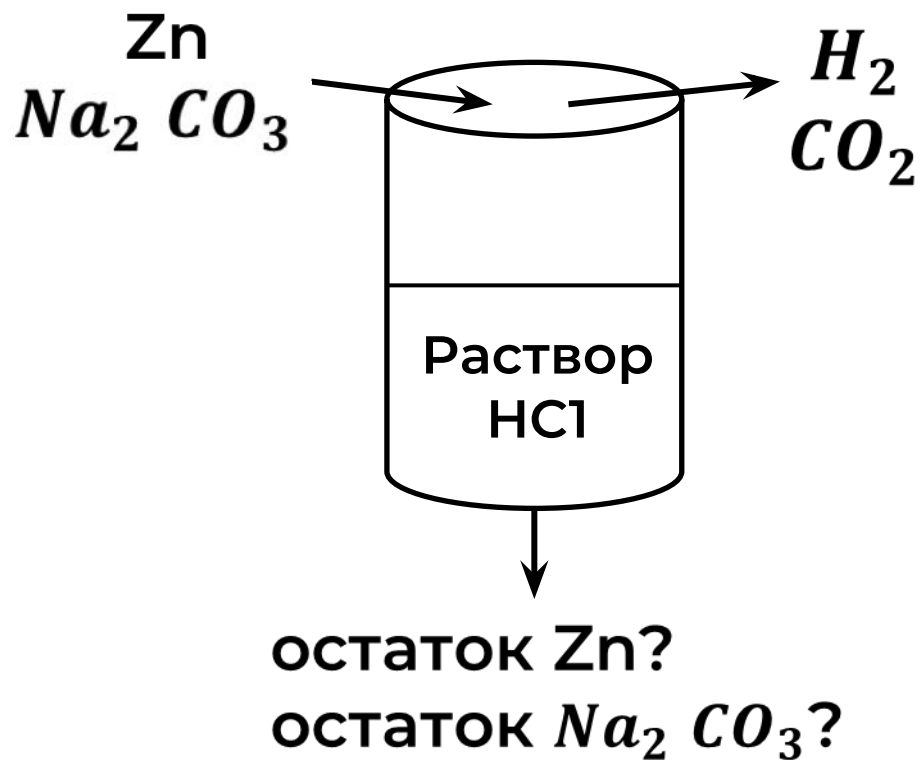
$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CuSO}_4) + 5M(\text{H}_2\text{O})$$

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

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

Расчет массы конечного раствора

$m(\text{раствора}) = m(\text{всех смешанных веществ и растворов}) - m(\uparrow) - m(\downarrow)$



Решение задач с применением понятия «растворимость»

Задача 1 (34)

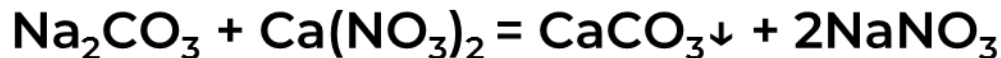
Растворимость безводного карбоната натрия при некоторой температуре составляет 31,8 г на 100 г воды. Приготовленный при этой температуре насыщенный раствор карбоната натрия массой 395,4 г разделили на две части.

К первой части прилили избыток раствора нитрата кальция. При этом образовалось 50 г осадка. Ко второй части насыщенного раствора добавили 252 г 30%-ного раствора азотной кислоты. Определите массовую долю азотной кислоты в образовавшемся растворе.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин).

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Запишем уравнения реакций:



Определим, сколько граммов соли содержится в 395,4 г раствора

1 способ

$$\omega(\text{в-ва}) = \frac{s}{100 + s}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 31,8 : (100 + 31,8) = 0,241$$

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

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,241 \cdot 395,4 = 95,4 \text{ г}$$

2 способ

Пропорция: 31,8 г (Na_2CO_3) – 131,8 г (р-ра)

 х г (Na_2CO_3) – 395,4 г (р-ра)

$$x = 31,8 \cdot 395,4 : 131,8 = 95,4 \text{ г}$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Определим количество вещества карбоната натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 95,4\text{г} : 106\text{г/моль} = 0,9 \text{ моль}$$

Раствор разделили на 2 части, **они не равные!**

Определим количество вещества осадка, который выпал в первой части раствора:

$$n(\text{CaCO}_3) = 50 \text{ г} : 100\text{г/моль} = 0,5 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ по 1 уравнению тоже } 0,5 \text{ моль}$$

Во втором растворе содержалось $0,9 - 0,5 = 0,4$ моль (Na_2CO_3)

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ во 2 р-ре}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 42,4 \text{ г}$$

В него добавили $m(\text{HNO}_3) = 0,3 \cdot 252 \text{ г} = 75,6 \text{ г}$

$$\text{Определим } n(\text{HNO}_3) = 75,6 \text{ г} : 63 \text{ г/моль} = 1,2 \text{ моль}$$

На реакцию с карбонатом натрия во втором растворе израсходуется 0,8 моль HNO_3

$$n_{\text{ост}}(\text{HNO}_3) = 1,2 \text{ моль} - 0,8 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$$

$$m_{\text{ост}}(\text{HNO}_3) = 0,4 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 25,2 \text{ г}$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Массу второго раствора можно найти по пропорции:

395,4 г раствора – содержит 95,4 г Na_2CO_3
x г раствора – содержит 42,4 г Na_2CO_3

$$x = 42,4 \cdot 395,4 : 95,4 = 175,7 \text{ г}$$

$$m(\text{конечного раствора из 2 части}) = \\ = m_2(\text{р-ра } \text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{р-ра } \text{HNO}_3) - m(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 17,6 \text{ г}$$

$$m(\text{конечного раствора из 2 части}) = \\ = 175,7 + 252 - 17,6 = 410,1 \text{ (г)}$$

$$w(\text{HNO}_3) = 25,2 : 410,1 = 0,061 \text{ или } 6,1\%$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Задача 2(34)

Растворимость сульфита натрия при некоторой температуре составляет 25,2 г на 100 г воды. При этой температуре приготовили насыщенный раствор, добавив необходимое количество сульфита натрия к 300 мл воды. Раствор разделили на 2 колбы. К раствору в первой колбе добавили избыток азотной кислоты. Реакция протекала с выделением только бурого газа. К раствору во второй колбе добавили 300 г соляной кислоты, также взятой в избытке. При этом объем газа, выделившегося во второй колбе, оказался равным объёму газа выделившемуся в первой колбе. (Объемы газов измерены при одинаковых условиях). Определите массовую долю соли в конечном растворе во второй колбе.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин).

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Запишем уравнения реакций:



Определим массу сульфита в насыщенном растворе:

25,2 г (Na_2SO_3) – растворяется в 100 г воды

x г (Na_2SO_3) – растворяется в 300 г воды

$$x = 25,2 \cdot 300 : 100 = 75,6 \text{ г}$$

$$m \text{ (насыщенного раствора)} = 300 \text{ г} + 75,6 \text{ г} = 375,6 \text{ г}$$

Определим количество вещества сульфита натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 75,6 \text{ г} : 126 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ моль}$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Пусть по первому уравнению в реакцию вступает x моль сульфита натрия, тогда в результате реакции выделяется $2x$ моль бурого газа. Пусть по второму уравнению в реакцию вступает y моль сульфита натрия, тогда образуется y моль сернистого газа. Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,6 \\ 2x = y \end{cases}$$

$$3x = 0,6$$

$$x = 0,2 \text{ моль}$$

$$y = 0,4 \text{ моль}$$

$$m_{\text{зр-р}}(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,4 \text{ моль} \cdot 126 \text{ г/моль} = 50,4 \text{ г}$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Определим массу 2 раствора:

50,4 г (Na_2SO_3) – растворяется в a г раствора

75,6 г (Na_2SO_3) – растворяется в 375,6 г раствора

$$a = 50,4 \cdot 375,6 : 75,6 = 250,4 \text{ (г)}$$

по 2 уравнению $n(\text{NaCl}) = 2n(\text{SO}_2) = 0,8$ моль

$$m(\text{NaCl}) = 0,8 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 46,8 \text{ г}$$

$m(\text{конечного раствора}) =$

$$= m(2 \text{ части р-ра } \text{Na}_2\text{SO}_3) + m(\text{р-ра HCl}) - m(\text{SO}_2)$$

$$m(\text{SO}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 25,6 \text{ г}$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 250,4 + 300 - 25,6 = 524,8 \text{ (г)}$$

$$w(\text{NaCl}) = 46,8 : 524,8 = 0,0891 \text{ или } 8,91\%$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Задача 3 (34)

Используя гексагидрат нитрата цинка массой 53,46 г, приготовили насыщенный раствор и последовательно добавили к нему 120,54 мл воды и 31,36 г гидроксида калия. Выпавший осадок отфильтровали, к фильтрату прилили 250 г раствора азотной кислоты и получили раствор с массовой долей азотной кислоты 2%. Вычислите массовую долю азотной кислоты в добавленном растворе, если растворимость безводного нитрата цинка в условиях эксперимента равна 113,4 г на 100 г воды.

Решение задач с применением понятия «растворимость»

$$M(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = M(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) + 6M(\text{H}_2\text{O}) = \\ = 189 + 6 \cdot 18 = 297 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 53,46 \text{ г} : 297 \text{ г/моль} = 0,18 \text{ моль} = \\ = n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2)$$

В данной порции кристаллогидрата содержится:

$$m(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,18 \text{ моль} \cdot 189 \text{ г/моль} = 34,02 \text{ г}$$

113,4 г $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ – в 100 г воды

34,02 г $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ – в x г воды

$$x = 34,02 \cdot 100 : 113,4 = 30 \text{ г}$$

**То есть масса начального раствора нитрата цинка
равна:**

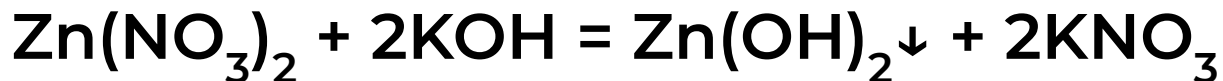
$$m(\text{р-ра } \text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 34,02 + 30 = 64,02 \text{ г}$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Определим количество вещества гидроксида калия:

$$n(\text{KOH}) = 31,36 \text{ г} : 56 \text{ г/моль} = 0,56 \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции:



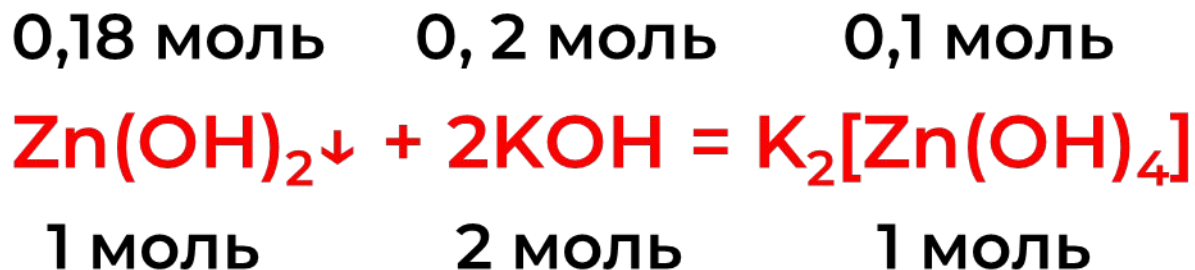
$$n(\text{KOH}) = 2n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,18 \cdot 2 = 0,36 \text{ моль}$$

$$n(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 0,18 \text{ моль}$$

$$n_{\text{ост}}(\text{KOH}) = 0,56 \text{ моль} - 0,36 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

Решение задач с применением понятия «растворимость»

Оставшийся гидроксид калия будет частично растворять гидроксид цинка по уравнению:



т.к. по соотношению веществ $\frac{0,18}{1} > \frac{0,2}{2}$ –

$\text{Zn(OH)}_2\downarrow$ – в избытке

$n(\text{Zn(OH)}_2) = \frac{1}{2} n(\text{KOH}) = 0,1 \text{ моль}$ –
растворится в щелочи

Решение задач с применением понятия «растворимость»

В осадке останется $0,18 - 0,1 = 0,08$ моль гидроксида цинка, а в растворе получится $0,1$ моль $K_2[Zn(OH)_4]$

Определим массу осадка, который отфильтровали по условию задачи:

$$m(Zn(OH)_2) = n \cdot M = 0,08 \text{ моль} \cdot 99 \text{ г/моль} = 7,92 \text{ г}$$

К фильтрату добавили избыток азотной кислоты. Она полностью разрушила комплекс цинка и еще осталась в растворе

Выполним расчет по уравнению:

0,1 моль 0,4 моль



1 моль 4 моль

Решение задач с применением понятия «растворимость»

$$n(\text{HNO}_3) = 4n(\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 0,4 \text{ моль}$$

Определим массу израсходованной кислоты

$$m(\text{HNO}_3) = 0,4 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 25,2 \text{ г}$$

Вычислим массу конечного раствора:

$$\begin{aligned} m(\text{конеч. р-ра}) &= m(\text{р-ра Zn}(\text{NO}_3)_2) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{KOH}) - \\ &- m_{\text{ост}}(\text{Zn}(\text{OH})_2) + m(\text{р-ра HNO}_3) = \\ &= 64,01 + 120,54 + 31,36 - 7,92 + 250 = 458 \text{ г} \end{aligned}$$

$$m_{\text{ост}}(\text{HNO}_3) = w(\text{в-ва}) \cdot m(\text{р-ра}) = 0,02 \cdot 458 = 9,16 \text{ г}$$

$$m_{\text{общ}}(\text{HNO}_3) = 25,2 \text{ г} + 9,16 \text{ г} = 34,36 \text{ г}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = 34,36 \text{ г} : 250 \text{ г} = 0,137 \text{ или } 13,7\%$$