

АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

СОДЕРЖАНИЕ

1. РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ «НА ПРИМЕСИ» И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ВЕЩЕСТВА В РАСТВОРЕ ПОСЛЕ РЕАКЦИИ	2
Пример 1.	2
Пример 2.	3
2. РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ НА ВЫХОД И ИЗБЫТОК-НЕДОСТАТОК	5
Пример 3.	5
Пример 4.	6
Пример 5.	7
3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СМЕСИ	8
А. Не все исходные вещества в смеси вступают в реакцию	8
Пример 6.	8
Б. Смесь полностью растворяется в одном действующем веществе, второе вещество реагирует только с одним из соединений такой же смеси.	9
Пример 7.	9
В. Оба вещества смеси вступают в реакцию.	10
Пример 8.	10
Пример 9.	10
4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПЛАСТИНКУ	12
Пример 10.	12

1. Решение расчетных задач «на примеси» и определение массовой доли вещества в растворе после реакции

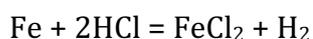
При решении задач такого типа считается, что примеси – это вещества, не способные вступать в реакцию по составленному для решения уравнению.

Пример 1.

10 г железа, содержащего 16 % примесей, растворили в 150 мл 10 % раствора соляной кислоты (плотностью 1,05 г/мл). Вычислите объем выделяющегося газа (н. у.) и массовую долю хлороводорода в полученном растворе.

Алгоритм решения

1. Составляем уравнение реакции по условию задачи, расставляем коэффициенты.



16% от 10 г – примеси, которые не реагируют по составленному уравнению. Находим массу чистого вещества железа.

$$m(\text{Fe}) = 10 \cdot (1 - 0,16) = 8,4$$

Находим количество вещества железа по формуле $n = m/M$, (делим массу вещества на его молярную массу).

$$n(\text{Fe}) = 8,4/56 = 0,15 \text{ моль}$$

2. Учитываем, что коэффициенты в любом химическом уравнении указывают на соотношение количеств веществ участников реакции. Следовательно, количество вещества израсходованной HCl будет в два раза больше, чем количество вещества железа (коэффициенты 2 и 1, соответственно), а количество вещества водорода будет равно количеству вещества железа (коэффициенты 1 и 1, соответственно).

Находим массу израсходованного хлороводорода

$$m(\text{HCl}) = 0,3 \cdot 36,5 = 10,95 \text{ г}$$

Объем образующегося водорода (н. у.) рассчитываем по формуле $V = n \cdot 22,4$, что составит

$$V(\text{HCl}) = 0,15 \cdot 22,4 = 3,36 \text{ л.}$$

3. По условию задачи требуется найти массовую долю хлороводорода в растворе после прохождения реакции (соляная кислота – это раствор хлороводорода в воде).

Массовую долю находим по формуле $\omega = m_{\text{части}}/m_{\text{целого}}$.

В данном случае часть – это масса оставшегося после прохождения реакции хлороводорода, целое - масса раствора после реакции.

Очень важно понимать, что в состав раствора входит растворитель (вода в данном случае) и вещества, растворенные в этом растворителе. Образующийся нерастворимый в воде газ и осадки не входят в состав раствора.

Находим массу исходного раствора соляной кислоты по формуле:

$$m_{\text{раствора}} = V_{\text{раствора}} \cdot \rho(\text{плотность раствора})$$

После чего массу вещества хлороводорода в растворе рассчитываем по формуле

$$m = m_{\text{раствора}} \cdot \text{массовую долю вещества (выраженную десятичным числом)}.$$

Соединяем две последние формулы и получаем

$$m(\text{HCl}) = 150 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 15,75 \text{ г}$$

Из этой массы израсходовано на растворение железа 10,95 г хлороводорода, следовательно осталось $15,75 - 10,95 = 4,8$ г.

Находим массу раствора после реакции. Для этого надо сложить массу исходных железа (оно растворилось в кислоте полностью) и раствора соляной кислоты, затем вычесть из полученной суммы массу улетевшего из раствора водорода

$$m(\text{раствора после реакции}) = 8,4 + 150 \cdot 1,05 - 0,15 \cdot 2 = 166,2 \text{ г}$$

Определяем массовую долю хлороводорода в растворе после прохождения реакции

$$\omega = 4,8/166,2 = 0,0289 \text{ или } 2,89 \%$$

Пример 2.

11,2 г мрамора растворили в избытке соляной кислоты и получили 2,24 л газа (н.у.). Рассчитайте массовую долю примесей в израсходованном образце мрамора.

Алгоритм решения

1. Мрамор – это минерал, основу которого составляет карбонат кальция. Составляем уравнение реакции, расставляем коэффициенты



Рассчитываем количество вещества газа (газ - это углекислый газ)

$$n(\text{CO}_2) = 2,24/22,4 = 0,1 \text{ моль}$$

Исходя из соотношения количеств веществ в уравнении (1 к 1 при формуле карбоната кальция и углекислого газа), количество вещества карбоната кальция такое же, 0,1 моль.

2. Находим массу чистого карбоната кальция в образце мрамора.

$$M(\text{CaCO}_3) = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ г}$$

Следовательно, масса примесей составит $11,2 - 10 = 1,2 \text{ г}$

Массовая доля примесей $\omega(\text{примесей}) = 1,2/11,2 = 0,1071$ или 10,71%.

2. Решение расчетных задач на выход и избыток-недостаток

Выходом реакции считают отношение практически полученных количества вещества (либо массы, либо объема) к теоретически рассчитанным по уравнению количеству вещества (массе, объему).

Количество вещества (масса, объем), рассчитанные для продукта по уравнению реакции называют теоретическим, количественным или 100% выходом.

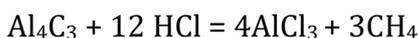
$$\eta = n_{\text{практик}} / n_{\text{теоретич.}} = m_{\text{практик}} / m_{\text{теорет}} = V_{\text{практик}} / V_{\text{теорет.}}$$

Пример 3.

При взаимодействии 14,4 г карбида алюминия со 120 г 10% раствора соляной кислоты выделили 1 л (н.у.) газа. Рассчитайте выход продукта в данной реакции.

Алгоритм решения задачи

1. Составляем уравнение реакции, расставляем коэффициенты.



Находим количества исходных веществ.

$$n(\text{Al}_4\text{C}_3) = 14,4 / 144 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 120 \cdot 0,1 / 36 / 6 = 0,33 \text{ моль}$$

2. Если найдены количества двух исходных веществ, то эта часть задачи требует определения избытка и недостатка веществ.
Поделим найденные количества веществ на соответствующих формулах и сравним две дроби: 0,1/1 и 0,33/12. Вторая дробь меньше, следовательно HCl взят в недостатке, а карбид алюминия - в избытке.
Дальнейший расчет производим по количеству вещества, взятого в недостатке.
3. Газом в данном уравнении реакции является метан CH₄. Рассчитаем его количество по HCl. Коэффициент перед формулой метана в 4 раза меньше, чем коэффициент перед формулой кислоты, следовательно, его количество будет во столько же раз меньше количества вещества кислоты.

$$n(\text{CH}_4) = 0,33 / 4 = 0,08 \text{ моль}$$

Следовательно, по уравнению (теоретический выход, 100%, количественный) мы должны были получить

$$V(\text{CH}_4) = 0,08 \cdot 22,4 = 1,8 \text{ л газа}$$

Выход газа в этой реакции составит

$$\eta = 1 / 1,8 = 0,5556 \text{ или } 55,56\%$$

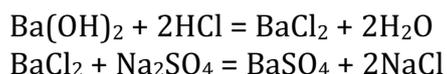
Иногда для решения задачи требуется составить несколько уравнений реакции:

Пример 4.

К 150 г 12% раствора гидроксида бария добавили избыток соляной кислоты, через некоторое время в эту смесь прилили 100г 10% раствора сульфата натрия. Найти массу выделенного осадка, если выход продукта составил 75% от теории.

Алгоритм решения задачи

1. Составляем уравнения реакций, расставляем коэффициенты



Осадком будет полученный по второму уравнению сульфат бария.

Производим расчеты по первому уравнению. Находим количество вещества гидроксида бария.

$$m(\text{Ba(OH)}_2) = 150 \cdot 0,12 = 18 \text{ г}$$

$$n(\text{Ba(OH)}_2) = 18 : 171 = 0,1 \text{ моль}$$

Веществом, соединяющим первое и второе уравнение, является хлорид бария. Найдем его количество по количеству вещества гидроксида бария. Соотношение коэффициентов при формулах гидроксида бария и хлорида бария 1 к 1, следовательно, количество вещества хлорида бария 0,1 моль.

2. Производим расчеты по второму уравнению. Находим количество вещества сульфата натрия.

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 0,1 : 142 = 0,07 \text{ моль.}$$

Во втором уравнении реакции есть данные на количества двух исходных веществ. Эта часть задачи требует определения избытка и недостатка исходных веществ. Находим соотношение количеств веществ к коэффициентам, стоящим перед их формулами.

Для хлорида бария – 0,1/1, для сульфата натрия 0,07/1 – вторая дробь меньше, следовательно, сульфат натрия взят в недостатке. По нему и рассчитываем количество вещества осадка.

Соотношение коэффициентов при формулах сульфата натрия и сульфата бария 1 к 1, следовательно, теоретическое количество вещества осадка 0,07 моль.

3. Находим массу осадка, практически полученного в данных условиях.

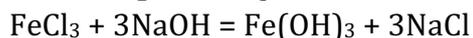
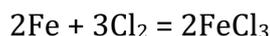
$$m(\text{BaSO}_4) = 0,07 \cdot 233 \cdot 0,75 = 12,23 \text{ г}$$

Пример 5.

Железо, массой 5,6 г обработали избытком хлора. К полученному продукту прибавили 100 г 20 % раствора гидроксида натрия. Найти массу выпавшего осадка, если его выход по данным реакциям 80 %.

Алгоритм решения

1. Составляем уравнения реакций, расставляем коэффициенты.



Производим расчет по первому уравнению реакции. Нам требуется найти по количеству вещества железа – количество вещества хлорида железа (III), общего для двух уравнений.

$$n(\text{Fe}) = 5,6/56 = 0,1 \text{ моль}$$

так как коэффициенты при формулах железа и его хлорида одинаковые, то и количество вещества соли тоже равно 0,1 моль.

2. Переходим к расчету по второму уравнению реакции.

Количество вещества соли остается рассчитанным 0,1 моль, не зависимо от коэффициента при этой формуле во втором уравнении. Рассчитаем количество вещества щелочи.

$$n(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0,2 : 40 = 0,5 \text{ моль}$$

Требуется определить избыток и недостаток веществ во втором уравнении. Находим соотношение найденных количеств веществ к коэффициенту в данном уравнении. 0,1/1 – для соли, 0,5/3 – для щелочи. Первая дробь меньше, следовательно дальнейший расчет ведем по количеству вещества соли. Соотношение коэффициентов при формуле соли и гидроксида железа(III): 1 к 1, значит по теории мы должны получить 0,1 моль осадка. Найдем массу осадка, учитывая 80% выход в реакции

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,1 \cdot 107 \cdot 0,8 = 8,56 \text{ г.}$$

3. Решение задач на смеси

А. Не все исходные вещества в смеси вступают в реакцию

Пример 6.

К 10 г смеси меди и цинка с массовой долей меди 30% прилили 150 г 10% раствора соляной кислоты. Найдите объем выделившегося газа (н.у.) и массовую долю соли в образовавшемся растворе.

Анализируем условие задачи.

Медь не реагирует с соляной кислотой, значит она растворяться не будет. Цинк будет растворяться в соляной кислоте, так как из него образуется растворимая в воде соль. Надо выяснить, будет ли цинк находиться в недостатке (тогда он растворится полностью) или в избытке (в этом случае он растворится частично).

Алгоритм решения

Для решения задачи нам понадобится найти массу раствора после реакции. В этот раствор войдет вся соляная кислота и та часть цинка, которая прореагирует с ней, из раствора уйдет выделившийся в ходе реакции газ.

1. Составляем уравнение реакции, расставляем коэффициенты.



Находим количество вещества цинка

$$n(\text{Zn}) = 10 \cdot 0,7 / 65 = 0,11 \text{ моль}$$

Находим количество вещества хлороводорода в соляной кислоте.

$$n(\text{HCl}) = 150 \cdot 0,1 / 36,5 = 0,41 \text{ моль}$$

Хлороводород будет находиться в избытке ($0,11/1$ меньше, чем $0,41/2$), расчет в задаче будем вести по количеству вещества цинка, он растворится полностью.

Соотношение количества вещества цинка, хлорида цинка и водорода 1:1 :1, следовательно, водорода выделится 0,11 моль, соли тоже образуется 0,11 моль. Находим объем и массу улетевшего газа.

$$V(\text{H}_2) = 0,11 \cdot 22,4 = 2,46 \text{ л}$$

$$m(\text{H}_2) = 0,11 \cdot 2 = 0,22 \text{ г.}$$

2. Рассчитаем массовую долю соли в полученном растворе.

$$m(\text{ZnCl}_2) = 0,11 \cdot 136 = 14,96 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 150 + 7 - 0,22 = 156,78 \text{ г}$$

$$\omega(\text{соли}) = 14,96 / 156,78 = 0,0954 \text{ или } 9,54\%.$$

Б. Смесь полностью растворяется в одном действующем веществе, второе вещество реагирует только с одним из соединений такой же смеси.

Пример 7.

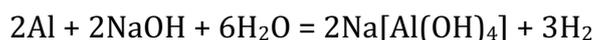
Смесь алюминиевых и железных опилок обработали избытком разбавленной соляной кислоты, при этом выделилось 8,96 л (н.у.) водорода. Если такую же массу смеси обработать избытком раствора гидроксида натрия, то выделится 6,72 л (н.у.) водорода. Рассчитайте массовую долю железа в исходной смеси.

Анализируем условие задачи

С соляной кислотой реагируют оба металла, следовательно, надо составить два уравнения реакции. Водород выделяется в обоих процессах. Гидроксид натрия не растворяет железо, он реагирует только с алюминием, следовательно, газ выделяется только в этой реакции.

С этого процесса удобнее начинать решение задачи

1. Составляем уравнение реакции, расставляем коэффициенты.



Находим количество вещества водорода (н.у.)

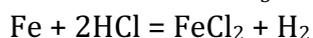
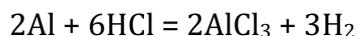
$$n(\text{H}_2) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль,}$$

по соотношению коэффициентов в уравнении реакции

$$n(\text{Al}) = 0,3 \cdot 2/3 = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}) = 0,2 \cdot 27 = 5,4 \text{ г.}$$

2. Рассмотрим взаимодействие веществ смеси с соляной кислотой. Составим уравнения реакций, расставим коэффициенты



Количество вещества алюминия 0,2 моль, следовательно, при его растворении выделится водорода $0,2 \cdot 3/2 = 0,3$ моль. Общее количество водорода в двух процессах

$$n(\text{H}_2) = 8,96/22,4 = 0,4 \text{ моль.}$$

Значит, при взаимодействии железа с соляной кислотой выделилось 0,1 моль водорода. Находим количество вещества железа по соотношению коэффициентов в уравнении реакции (1 к 1), оно равно 0,1 моль.

$$m(\text{Fe}) = 0,1 \cdot 56 = 5,6 \text{ г}$$

$$m(\text{смеси}) = 5,6 + 5,4 = 11 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Fe}) = 5,6/11 = 0,5091 \text{ или } 50,91 \%$$

В. Оба вещества смеси вступают в реакцию.**Пример 8.**

При растворении 2,8 г сплава меди и серебра в концентрированной азотной кислоте образовалось 5,28 г смеси нитратов. Определить массовые доли металлов в сплаве.

Алгоритм решения.

1. Составляем уравнения реакций, расставляем коэффициенты



Пусть масса меди в сплаве будет x , тогда масса серебра равна $2,8 - x$.
Найдем количества исходных металлов.

$$n(\text{Cu}) = x/64,$$

$$n(\text{Ag}) = (2,8 - x)/108.$$

2. По соотношению коэффициентов 1 к 1 найдем количества веществ нитратов

$$n[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = x/64,$$

$$n(\text{AgNO}_3) = (2,8 - x)/108$$

3. Составим уравнение, сложив массы полученных нитратов

$$x/64 \cdot 188 + (2,8 - x)/108 \cdot 170 = 5,28$$

решим уравнение и получим

$$x = 0,64 = m(\text{Cu}), \text{ тогда } m(\text{Ag}) = 2,8 - 0,64 = 2,16$$

$$\omega(\text{Cu}) = 0,64/2,8 = 0,2286 \text{ или } 22,86\%$$

$$\omega(\text{Ag}) = 2,16/2,8 = 0,7714 \text{ или } 77,14\%.$$

Пример 9.

При прокаливании 36,4 г смеси нитратов калия и натрия выделяется 4,48 л газа (н.у.). Вычислить состав смеси в граммах.

Эта задача на смеси отличается от предыдущей тем, что в продуктах реакции газ – одно и то же вещество.

Алгоритм решения задачи

1. Составляем уравнения реакций, расставляем коэффициенты.



Определяем количество вещества кислорода, выделяющегося по двум уравнениям

$$n(\text{O}_2) = 4,48/22,4 = 0,2 \text{ моль.}$$

Пусть по первому уравнению выделилось x моль кислорода, тогда по второму образуется $(0,2 - x)$ моль кислорода.

2. Количество вещества каждого нитрата будет в два раза больше, чем количество кислорода в данном уравнении (соотношение коэффициентов соль/кислород — 2 к 1).

Составляем уравнение, определяя общую массу исходных нитратов

$$2 \cdot x \cdot 101 + 2 \cdot (0,2 - x) \cdot 85 = 36,4$$

Решив уравнение, получим $x = 0,075$ моль.

3. Следовательно, количество вещества нитрата калия 0,15 моль, а количество вещества нитрата натрия 0,25 моль.

Найдем массы солей

$$m(\text{KNO}_3) = 0,15 \cdot 101 = 15,15 \text{ г}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,25 \cdot 85 = 21,25 \text{ г}$$

4. Решение задач на пластинку

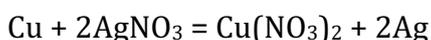
Смысл задачи заключается в том, что пластинку из металла опускают в раствор соли менее активного металла, чем материал пластинки. В этом случае часть более активного металла с пластинки растворится, его место займет вытесненный менее активный металл.

Пример 10.

После выдерживания медной пластинки массой 14,72 г в растворе нитрата серебра, масса пластинки составила 19,28 г. Определите объем раствора 96% серной кислоты (плотность раствора 1,86 г/мл), который необходим для растворения пластинки.

Алгоритм решения задачи.

1. Составим уравнение реакции, проходящей между медью пластинки и нитратом серебра, расставим коэффициенты



Заметим, что масса пластинки повысилась (серебро тяжелее меди), изменение массы составило $19,28 - 14,72 = 4,56$ г

Вводим дополнительное условие: если бы в реакции участвовал 1 моль меди (64 г растворилось), то на пластинке отложилось бы 2 моль серебра (216 г). В этом случае масса пластинки повысилась бы на $216 - 64 = 152$ г

Пропорционально:

1 моль меди – изменение массы на 152 г

x моль меди – изменение массы на 4,56 г

$$x = 4,56/152 = 0,03 \text{ моль меди растворилось}$$

Всего в исходной пластинке было

$$n(\text{Cu}) = 14,72/64 = 0,23 \text{ моль}$$

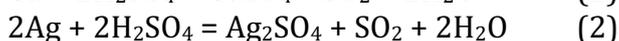
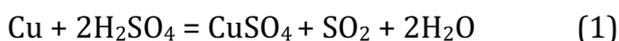
Осталось в пластинке после реакции

$$n(\text{Cu}_{\text{после реакции}}) = 0,23 - 0,03 = 0,2 \text{ моль}$$

Выделилось серебра на пластинку в количестве, в два раза большем, чем ушло меди (соотношение коэффициентов 2 к 1)

$$n(\text{Ag}) = 0,06 \text{ моль}$$

2. Составляем уравнения реакций растворения металлов на полученной пластинке.



При растворении в серной кислоте 0,2 моль меди расходуется 0,4 моль кислоты (соотношение коэффициентов 1 к 2).

При растворении в кислоте 0,06 моль серебра расходуется 0,06 моль кислоты (соотношение коэффициентов 1 к 1). Всего на растворение пластинки потребуется 0,46 моль кислоты.

Найдем массу 96% раствора серной кислоты и объем раствора

$$m(\text{раствора}) = 0,46 \cdot 98 / 0,96 = 46,96 \text{ г}$$

$$V(\text{раствора}) = 46,96 / 1,86 = 25,25 \text{ мл}$$