**АОУ ВО ДПО «Вологодский институт развития образования»**

**Центр непрерывного повышения профессионального мастерства педагогических работников в г. Вологде**

«ОДОБРЕНО»

на заседании экспертной рабочей группы

по учебному предмету «Химия»

при РУМО по общему образованию

(Протокол № 1 от 21.02.2024)

**Методический кейс**

**"Решение задач на «пластинки» как возможный вариант задания 34 КИМ ГИА-11 по химии"**

**Автор-составитель:**

**Марагаева З.С.,** старший методист сектора естественнонаучного и технологического образования

ЦНППМ в городе Вологде

АОУ ВО ДПО «ВИРО»

2024 г.

***Аннотация***

В рекомендациях представлен методический кейс учебных материалов для подготовки обучающихся к выполнению одного из возможных видов задания 34 ЕГЭ. Кейс предполагает достижение обучающимися предметных результатов освоения умения решать задачи по химии на взаимодействие металлов с солями и кислотами, учитывая растворение металлов в растворе и использование понятия «Массовая доля вещества в растворе». Представлена модель задания 34 из ЕГЭ по химии, решения этих заданий, критерии оценивания и подборка таких задач. Методический кейс адресован учителям химии, работающим по программам среднего общего образования.

**Содержание**

**1.Актуальность**

Задание 34 проверяет у обучающихся сформированность умения проводить расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси),расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества, расчёты с использованием понятий «массовая доля», «молярная концентрация», «растворимость».

Задание требует развернутого ответа (решения задачи). Задание 34 ЕГЭ имеет высокий уровень сложности и проверяет умение задачи по химии высокого уровня сложности. Сложность этих заданий обусловлена многообразием протекающих реакций, умением логически провести взаимосвязь между физическими величинами.

Средний процент выполнения этого задания составляет в 2023 г 18 % , никто из выпускников, не перешедших порог, не приступали к выполнению этого задания, 11%, получивших балл от 60 до 80, приступили к выполнению задания и смогли получить какое-то количество баллов, и 51% высокобальников выполнили верно это задание.

*Цель рекомендаций* –  показать систему подготовки обучающихся, подходы к решению одного из возможных вариантов задания 34 ЕГЭ по химии и формирование у обучающихся планируемых предметных результатов освоения учебного предмета «Химия», включенных в задание 34 ЕГЭ.

**2. Планируемые предметные и метапредметные результаты**

Предметные результаты освоения содержания учебного предмета «Химия» на углублённом уровне ориентированы на обеспечение профильного обучения обучающихся химии. Они включают: специфические для химии научные знания, умения и способы действий по освоению, интерпретации и преобразованию знаний, виды деятельности по получению новых знаний и их применению в различных учебных, а также в реальных жизненных ситуациях. При выполнении задания № 34 обучающийся должен показать:

сформированность умений: выявлять характерные признаки понятий,

устанавливать их взаимосвязь, использовать соответствующие понятия

при описании неорганических веществ и их превращений;

сформированность умения использовать химическую символику

для составления формул веществ и уравнений химических реакций,

систематическую номенклатуру (IUPAC) и тривиальные названия отдельных

веществ;

сформированность умения проводить расчёты: с использованием понятий

«массовая доля вещества в растворе» и «молярная концентрация»; массы вещества или объёма газа по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ; теплового эффекта реакции массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно

из исходных веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей

растворённого вещества или дано в избытке (имеет примеси); доли выхода

продукта реакции; объёмных отношений газов.

При выполнении задания № 34 выпускник должен владеть базовыми логическими действиями:

самостоятельно формулировать и актуализировать проблему, рассматривать

её всесторонне;

использовать при освоении знаний приёмы логического мышления: выделять

характерные признаки понятий и устанавливать их взаимосвязь, использовать соответствующие понятия для объяснения отдельных фактов и явлений;

устанавливать причинно-следственные связи между изучаемыми явлениями;

строить логические рассуждения (индуктивные, дедуктивные, по аналогии),

выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях,

формулировать выводы и заключения.

**3. Характеристика задания № 34**

Задание 34 ЕГЭ в 2024 году предполагает решение задач высокого уровня сложности. Проверяет следующие элементы содержания из кодификатора ЕГЭ:

- Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно

из веществ дано в избытке (имеет примеси).

- Расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества.

- Расчёты с использованием понятий «массовая доля», «молярная концентрация», «растворимость».

Проверяет все элементы содержания на решение задач химической тематики.

Учебный материал, включенный в задание 34, изучается на всем протяжении освоения учебного предмета «Химия» в средней школе, видов задач, представленных в задании № 34, очень много. Среди возможных вариантов этого задания в методическом кейсе рассмотрим задание на решение задач на «пластинки» как возможный вариант этого задания в 2024 году.

Уровень сложности высокий. Максимальный балл - 4 балла. Примерное время выполнения 20-25 минут, но , как показывает, практика это времени не всегда достаточно, чтобы выполнить это задание.

Критерии оценивания задания 34:

|  |  |
| --- | --- |
| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
| Ответ правильный и полный, содержит следующие элементы:  • правильно записаны уравнения реакций, соответствующих  условию задания;  • правильно произведены вычисления, в которых используются  необходимые физические величины, заданные в условии  задания;  • продемонстрирована  логически  обоснованная  взаимосвязь  физических величин, на основании которой проводятся расчёты;  • в соответствии с условием задания определена искомая  физическая величина | 4 |
| Правильно записаны три элемента ответа | 3 |
| Правильно записаны два элемента ответа | 2 |
| Правильно записан один элемент ответа | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 4 |

**4. Методические особенности изучения учебного материала, необходимого для решения задач на «пластинки»:**

**4.1 Перечень тем:**

-взаимодействие металлов с солями;

- взаимодействие металлов с кислотами;

- расчет массы веществ и количества вещества;

-расчет по уравнениям химической реакции: количества вещества, массы по известному количеству вещества, массе реагентов или продуктов реакции;

- расчет объёма, количества вещества газа по известному его количеству

вещества, объёму; объёмов газов по уравнению химической реакции;

- расчет по уравнениям химической реакции: количества вещества, объёма, массы по известному количеству вещества, объёму, массе реагентов или продуктов реакции;

- вычисления: с использованием понятия «массовая доля вещества в растворе»; с использованием понятия «молярная концентрация растворённого вещества»;

-вычисление массовой доли и молярной концентрации вещества в растворе;

- вычисление массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества.

**Проблемой** при выполнении задания является комбинирование различных типов задач, протеканием нескольких уравнений реакции, понимание взаимодействия веществ друг с другом.

**Причинами** данных трудностей является недостаточный уровень умений у обучающихся решать такого уровня задачи, непонимание текста задачи, низкий уровень научного мышления, невнимательное чтение условий.

**Решение** проблем может помочь повышение уровня умений обучающихся, разбор различных типов задач, встраивание системы этих задач в определенные темы, постоянное решение задач на уроках химии и на факультативах.

**4.2. Алгоритмы решения задач «на пластинки»**

Расчетная задача «на пластинки», как и любая задача, требует к себе неспешного и вдумчивого подхода. Прежде всего внимательно изучите условие задачи и попробуйте составить все возможные уравнения происходящих процессов. Здесь нужны знания о закономерностях, отраженных в ряду стандартных электродных потенциалов, об особенностях поведения металлов в растворах концентрированных и разбавленных кислот (азотной и серной). Не следует сбрасывать со счетов и возможность протекания гидролиза. Задачи такого уровня сложности, безусловно, не самые простые в школьном курсе. Обязательно представьте, что происходит с металлом в растворе.  
Попробуйте ответить сами себе на следующие вопросы:  
**·** За счет чего масса пластинки уменьшается (увеличивается)?  
**·** Какие изменения происходят с другими веществами, находящимися в растворе (обычно это соли)?  
**·** Как изменяется масса всех веществ в ходе реакции?  
При решении задачи можно воспользоваться следующим алгоритмом и приемами, которые позволят существенно продвинуться в решении задачи:  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Запишите уравнения всех возможных реакций.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Для всех участников процесса вычислите их количества вещества и массы (если они заданы в виде растворов определенной концентрации).  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Установите, не является ли задание задачей на «избыток – недостаток» реагентов.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Вычислите изменение массы пластинки в ходе реакции (теоретически возможное), используя сравнение молярных масс участников реакции с учетом их коэффициентов.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Сравните это изменение с реальным изменением массы пластинки и после этого определите количества веществ реагентов, принявших участие в реакции.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Вычисляя массу раствора после окончания реакции, учитывайте, что в суммарный итог не входит масса пластинки и любых осадков, а также масса выделившихся газов.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Изменение массы пластинки (т. е. растворение одного металла и выделение другого) вызывает изменение массы раствора, причем возрастание массы пластинки уменьшает массу раствора, а уменьшение массы пластинки соответствует увеличению массы раствора.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Равенство массовых долей веществ в растворе одновременно означает и равенство масс этих веществ, т. к. они находятся в одном и том же по массе растворе.  
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Помните и своевременно используйте важнейшие расчетные формулы:

*n = m/M, n = V/V*M,  
https://him.1sept.ru/2003/46/o1.gif = *m*в-ва/*m*р-ра, *m* = https://him.1sept.ru/2003/46/r.gif•*V*.

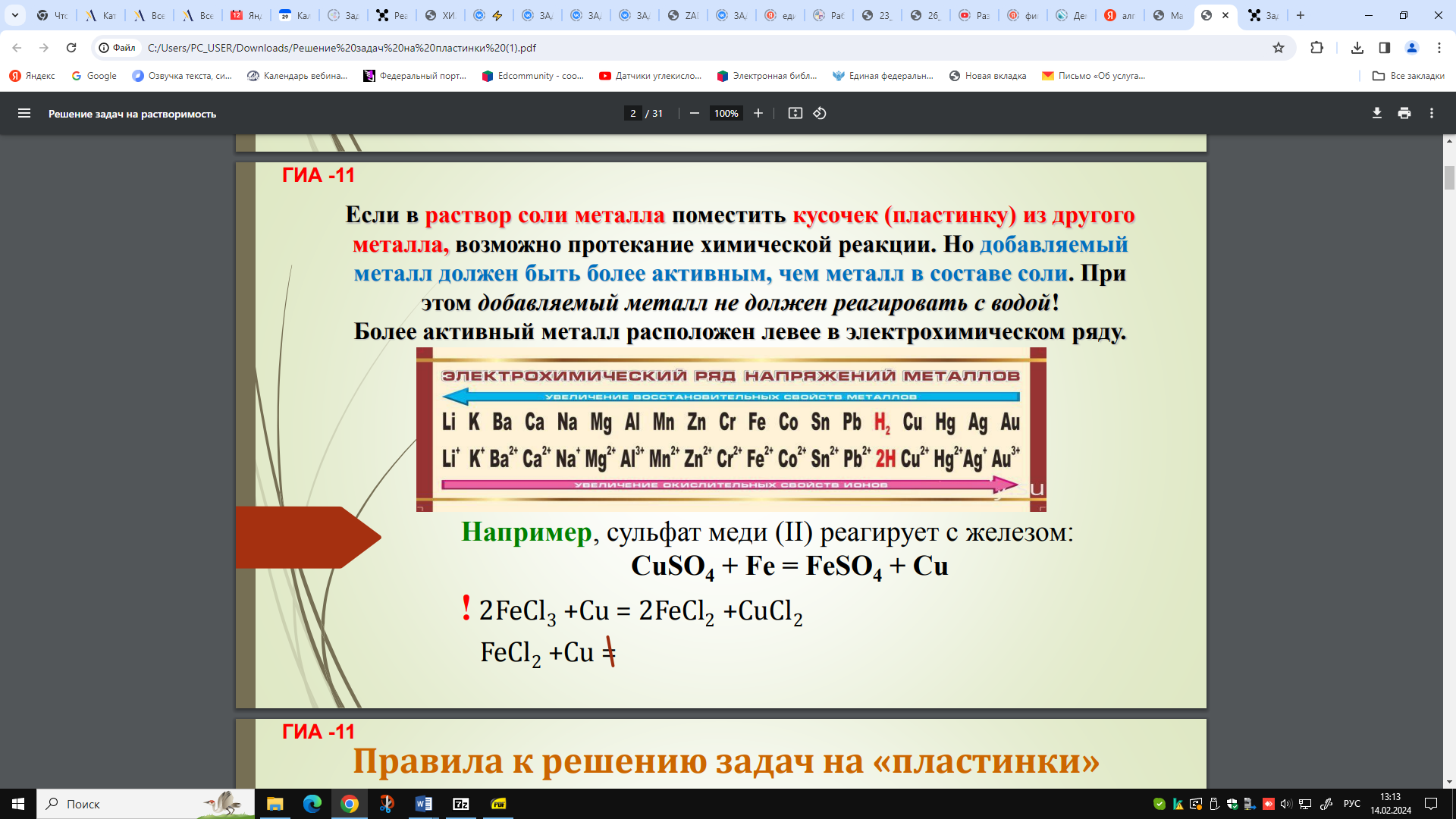
https://him.1sept.ru/2003/46/galka.jpg Старайтесь размышлять, оценивайте физический, химический и здравый смысл происходящих в задаче явлений.

**4.3. Методические подходы к решению задач на «пластинки»**

Данные задачи можно отнести к группе задач, связанных с положением металлов в электрохимическом ряду напряжений металлов.

Ряд стандартных потенциалов (или электрохимический напряжений) отражает восстановительную способность металлов, или активность металлов в реакциях, протекающих в растворах. Чем левее в этом ряду находится металл, тем более сильные восстановительные свойства он проявляет в окислительно-восстановительных реакциях. Поэтому каждый металл вытесняет (восстанавливает) из растворов солей все металлы, находящиеся левее него в ряду напряжений, а металлы, находящиеся в этом ряду правее водорода, вытесняют его из растворов кислот (кроме концентрированной серной или азотной кислоты любой концентрации).

Однако эти правила действуют только в тех случаях, если в результате реакции образуется растворимая соль, и не распространяется на щёлочноземельные и щелочные металлы, которые активно взаимодействуют с водой и поэтому не реагируют с солью, находящейся в растворе.



Если в раствор соли металла поместить кусочек (пластинку) из другого металла, возможно протекание химической реакции. Но добавляемый металл должен быть более активным, чем металл в составе соли. При этом добавляемый металл не должен реагировать с водой! Более активный металл расположен левее в электрохимическом ряду. Например, сульфат меди (II) реагирует с железом:

CuSO4 + Fe = FeSO4 + Cu

FeCl2 +Cu = реакция не идет

Но ! 2FeCl3 +Cu = 2FeCl2 +CuCl2

Слово «пластинка» не обязательно будет присутствовать в условии задачи. Вместо него могут быть слова «гвоздь», «проволока», «стружки», «порошок» и тому подобное.

Если металл помещают в раствор реагирующей с ним соли, то возможны два варианта развития событий.

1. Металл, из которого состоит пластинка, вступает в реакцию полностью. Фраза в задаче: «Пластинку вынули по окончании всех реакций» – говорит о том, что соль прореагировала полностью. В этом случае мы считаем, что пластинка как физический объект исчезает. В опытах по замещению металлов видно, что вытесняемый металл выделяется на пластинке в виде зерен или иголок. Если основа (пластинка) полностью растворится, то эти зерна осядут на дно колбы или стакана.
2. Пластинка растворяется не полностью. Фраза в задаче: «Пластинку вынули через некоторое время» – говорит о том, что и пластинка, и соль в избытке. В качестве допущения мы считаем, что весь вытесненный металл налипает на пластинку. Поэтому, когда после окончания реакции ее достанут из раствора и взвесят, она будет состоять из двух металлов:

В задачах «на пластинку», как правило, речь идет о втором варианте. При решении таких задач можно рисовать схемы, как на картинке выше, чтобы представлять, за счет чего меняется масса пластинки и раствора.

1. Металл, из которого состоит пластинка, может вступать в окислительно-восстановительную реакцию и другой металл вообще на образуется. Например, Cu + 2FeCl3 = 2FeCl2 +CuCl2
2. В задаче идет речь о пластинке, но включается содержание про ее растворение и в кислоте, т.е. идут различные химические реакции. Этот вариант и предполагает его использование в экзаменационных материалах как наиболее сложный.
3. **Примеры задач**

*Задачи, которые можно решать при изучении темы «Металлы» в 9 классе и при подготовке к решению задачи № 34 ЕГЭ в 11 классе.*

1.В раствор сульфата меди массой 160г с массовой долей сульфата меди 20% погрузили железную пластинку массой 10г. Через некоторое время ее вынули, высушили и взвесили, ее масса стала 11,4 г. Определите массовые доли веществ в растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 10 г  m2 (пласт.) = 11,4 г  m (CuSO4 р-ра) = 160 г  ω (CuSO4) = 20% | 1. Запишем уравнения реакций.  Fe + CuSO4 = Cu + FeSO4 |
| *Найти*:  ω (FeSO4) = ?  ω (CuSO4) = ? | 2. Найдем как изменится масса пластики, количество вещества и массу металлов:  Δm=11,4-11=0,4г ΔM=M(Cu)-M(Fe) = 64-56 = 8  Δ n= Δm/ΔM Δm=0,4/8= 0,175 моль  m(Fe) раств.=56\*0,175=9,8г  m(Cu) раств.=64\*0,175=11,2г |
| 3. Вычислим массы солей в растворе:  m (CuSO4)было. = 160· 0,2 = 32 г  n (CuSO4)было = 32/160 =0,2 моль  n (CuSO4)прореаг. = 0,175 моль  n (CuSO4)оставш в р-ре. = 0,2 - 0,175 = 0,025 моль  m (CuSO4)оставш в р-ре. = 160 · 0,025 = 4г  n (FeSO4)образов. = 0,175 моль  m (FeSO4)образ.. = 152· 0,175 = 26,6 г |
| 4. Вычислим массовые доли солей в растворе:  m р-ра = m (CuSO4 р-ра) +Δ m (пласт.) = 160 г - 1,4 г = 158,6 г  или  m р-ра = m (CuSO4 р-ра) – m(Fe)раств + m (Cu)осевш = 160 г +9,8 -11,2 г = 158,6 г  ω (CuSO4) = 4 г : 158,6 г · 100% = 2,52 %  ω (FeSO4) = 26,6 г : 158,6 г · 100% = 16,77% |
| Ответ: 2,52 %, 16,77% |

2. В 250 г воды растворили 70 г кристаллогидрата сульфата меди. В полученный раствор погрузили железную пластинку массой 10г. Через некоторое время ее вынули, высушили и взвесили, ее масса стала 11,4 г. Определите массовые доли веществ в растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 10 г  m2 (пласт.) = 11,4 г  m (CuSO4 \*5Н2О) = 70 г  m (Н2О) = 250 г | 1. Запишем уравнения реакций.  Fe + CuSO4 = Cu + FeSO4 |
| *Найти*:  ω (FeSO4) = ?  ω (CuSO4) = ? | 2. Найдем как изменится масса пластики, количество вещества и массу металлов:  Δm=11,4-11=0,4г ΔM=M(Cu)-M(Fe) = 64-56 = 8  Δ n= Δm/ΔM Δm=0,4/8= 0,175 моль  m(Fe) раств.=56\*0,175=9,8г  m(Cu) осевш.=64\*0,175=11,2г |
| 3. Найдем массу и количество вещества CuSO4 в растворе, образовавшихся из кристаллогидрата  CuSO4  - CuSO4 \*5Н2О  160г/моль 250г/моль  ω (CuSO4) в CuSO4 \*5Н2О = 160/250 \*100% =64%  m (CuSO4)в растворе = 160· 0,64 = 44,8 г  n (CuSO4)в растворе = 44,8/160 = 0,28 моль |
| 3. Вычислим массы солей, образовавшихся в растворе:  n (CuSO4)было = 0,28 моль  n (CuSO4)прореаг. = 0,175 моль  n (CuSO4)оставш в р-ре. = 0,28 - 0,175 = 0,105 моль  m (CuSO4)оставш в р-ре. = 160 · 0,105 = 16,8г  n (FeSO4)образов. = 0,175 моль  m (FeSO4)образ.. = 152· 0,175 = 26,6 г |
| 4. Вычислим массовые доли солей в растворе:  m р-ра = m (CuSO4 р-ра) +Δ m (пласт.) = 320 г - 1,4 г = 318,6 г  или  m р-ра = m (CuSO4 р-ра) + m(Fe)раств - m (Cu)осевш = 160 г + 9,8 -11,2 г = 318,6 г  ω (CuSO4) = 16,8 г : 318,6 г · 100% = 5,27 %  ω (FeSO4) = 26,6 г : 318,6 г · 100% = 8,35% |
| Ответ: 5,27 %, 8,35% |

*Задачи, которые используем при подготовке к решению задачи № 34 ЕГЭ в 11 классе.*

Задача 1. Пластинку из магния массой 14,4 г поместили в 8%-ный раствор хлорида марганца объемом 145,83 мл и плотностью 1,08 г/мл. После окончания реакции пластинку вынули и просушили. Вычислите массу 15%-го раствора соляной кислоты, которая потребуется для полного растворения полученной пластинки.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m (Mg) = 14,4 г  V (MnCl2 р-ра) = 145,83 мл  ω (MnCl2 р-ра) = 8%  ρ (MnCl2 р-ра) = 1,08 г/мл  ω (НClр-ра) = 15% | 1. Анализируем условие: «после окончания реакции пластинку вынули и просушили». Это означает, что магний прореагировал не весь, марганец налип на пластинку, а с соляной кислотой реагируют оба этих металла.  Mg + MnCl2 = MgCl2 + Mn  Mg + 2HCl = MgCl2 + H2  Mn + 2HCl = MnCl2 + H2 |
| *Найти*:  m (НClр-ра) = ? | 2. Вычислим количества веществ:  m1 (рас-ра) = 145,83 мл · 1,08 г/мл = 157,5 г  m1 (MnCl2) = 157,5 г · 0,08 = 12,6 г  n1 (MnCl2) = 12,6 г : 126 г/моль = 0,1 моль  n (Mg исх) = 14,4 г : 24 г/моль = 0,6 моль |
| 3. Хлорид марганца прореагировал полностью (по уравнению 1:1). Исходя из этого, вычислим количества металлов, оставшихся на пластинке, и массу раствора соляной кислоты.  n (Mn) = n (MnCl2) = 0,1 моль  n (Mg прореаг.) = n (MnCl2) = 0,1 моль  n (Mg ост.) = n(Mg исх) – n(Mg прореаг.) = 0,6 – 0,1 = 0,5 моль |
| 4. Вычислим массу раствора соляной кислоты.  n (HCl) = 2n (Mg ост.) + 2n (Mn) = 2 · 0,5 моль + 2 · 0,1 моль = 1,2 моль  m (HCl) = 1,2 моль · 36,5 г/моль = 43,8 г  m (HCl р-ра) = 43,8 г : 0,15 = 292 г |
| Ответ: 292 г |

Задача 2. Железный купорос (FeSO4·7H2O) массой 4,17 г растворили в воде и в полученный раствор погрузили цинковую пластинку массой 4,68 г. После окончания реакции пластинку вынули из раствора и высушили. Вычислите массу 12%-го раствора серной кислоты, необходимую для полного растворения полученной пластинки.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m (FeSO4·7H2O) = 4,17 г  m (Zn) = 4,68 г  ω (H2SO4 р-ра) = 12% | 1. Запишем уравнения реакций. Процесс растворения купороса, можно не записывать.  FeSO4 + Zn = ZnSO4 + Fe  Fe + H2SO4 = FeSO4 + H2  Zn + H2SO4 = ZnSO4 + H2 |
| *Найти*:  m (H2SO4 р-ра) = ? | 2. Вычислим количества веществ:  n (FeSO4·7H2O) = n(FeSO4) = 4,17 г : 278 г/моль = 0,015 моль  n (Zn исх) = 4,68 г : 65 г/моль = 0,072 моль  n (Fe) = n (FeSO4) = 0,015 моль  n (Zn прореаг.) = n (FeSO4) = 0,015 моль  n (Zn ост.) = n (Zn исх) – n (Zn прореаг.) = 0,072 моль – 0,015 моль = 0,057 моль |
| 3. Вычислим массу раствора серной кислоты:  n (H2SO4) = n (Zn ост.) + n (Fe) = 0,057 моль + 0,015 моль = 0,072 моль  m (H2SO4) = 0,072 моль · 98 г/моль = 7,056 г  m (H2SO4 р-р) = 7,056 г : 0,12 = 58,8 г |
| Ответ: 58,8 г |

Задача 3. Медный купорос массой 30 г растворили в воде. К образовавшемуся раствору сначала прилили 48 г 15%-го раствора гидроксида натрия, а затем в него погрузили цинковую пластинку массой 8,45 г и выдерживали до тех пор, пока ее масса не перестала изменяться. После этого пластинку вынули и прокалили в токе кислорода. Определите массовые доли веществ в смеси, полученной после прокаливания.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m (CuSO4·5H2O тв.) = 30 г  m (NaOH р-ра) = 48 г  ω (NaOH р-ра) = 15%  m (Zn) = 8,45 г | 1. Запишем уравнения реакций, протекающих до внесения пластинки. Процесс растворения купороса, можно не записывать.  CuSO4 + 2NaOH = Cu(OH)2 + Na2SO4 |
| *Найти*:  ω (ZnO) = ?  ω (CuO) = ? | 2. Проведем вычисления по этим реакциям.  n (CuSO4·5H2O) = n(CuSO4) = 30 г : 250 г/моль = 0,12 моль  m (NaOH) = 48 г · 0,15 = 7,2 г  n (NaOH) = 7,2 г : 40 г/моль = 0,18 моль  0,12/1 > 0,18/2 , CuSO4 в избытке, будет реагировать с цинком |
| 3. Запишем оставшиеся реакции:  Zn + CuSO4 = ZnSO4 + Cu  2Cu + O2 = 2CuO  2Zn + O2 = 2ZnO |
| 4. Вычислим количества веществ:  n (CuSO4 прореаг.) = 0,5n (NaOH) = 0,09 моль  n (CuSO4 ост.) = n (Cu) = n (Zn прореаг.) = n (CuSO4 исх.) – n (CuSO4 прореаг.) = 0,12 моль – 0,09 моль = 0,03 моль  n (Zn исх.) = 8,45 г : 65 г/моль = 0,13 моль  n (Zn ост.) = n (Zn исх.) – n (Zn прореаг.) = 0,13 моль – 0,03 моль = 0,1 моль  n (ZnO) = n (Zn ост.) = 0,1 моль  n (CuO) = n (Cu) = 0,03 моль |
| 5. Вычислим массы веществ:  m (ZnO) = 0,1 моль · 81 г/моль = 8,1 г  m(CuO) = 0,03 моль · 80 г/моль = 2,4 г  m(смеси) = 8,1 + 2,4 = 10,5 г |
| 6. Вычислим массовые доли веществ:  ω (ZnO) = 8,1 г : 10,5 г · 100% = 77,14%  ω (CuO) = 2,4 г : 10,5 г · 100% = 22,86% |
| Ответ: 77,14%; 22,86% |

Задача 4. Цинковую пластинку массой 25 г поместили в раствор, полученный при растворении медного купороса в 130 мл воды. После того, как вся медь выделилась на пластинке, масса пластинки составила 24,83 г. Вычислите массу взятого медного купороса и массовую долю сульфата меди в исходном растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 25 г  m2 (пласт.) = 24,83 г  V (Н2О) = 130 мл | 1. Запишем уравнения реакций. Процесс растворения купороса, можно не записывать.  Zn + CuSO4 = ZnSO4 + Cu |
| *Найти*:  m (CuSO4·5H2O тв.) = ?  ω (CuSO4) = ? | 2. Масса пластинки изменилась, потому что на нее налипла медь, а часть цинка в виде ионов перешла в раствор:  m2 (пласт.) = m1 (пласт.) + m (Cu) – m (Zn прореаг.) |
| 3. Вводим переменную и составляем уравнение:  Пусть n (Cu) = x моль, тогда m (Cu) = 64x г, n (Zn прореаг.) = n (Cu) = x моль, m (Zn прореаг.) = 65x г →  24,83 = 25 + 64x – 65x  x = 0,17 моль = n (Cu) |
| 4. Вычислим массу медного купороса:  n (CuSO4) = n (Cu) = 0,17 моль  m (CuSO4) = 0,17 моль · 160 г/моль = 27,2 г  n (CuSO4·5H2O) = n(Cu) = 0,17 моль  m (CuSO4·5H2O) = 0,17 моль · 250 г/моль = 42,5 г |
| 5. Вычислим массовую долю вещества:  m (CuSO4 р-ра) = m (H2O) + m (CuSO4·5H2O) = 130 г + 42,5 г = 172,5 г  ω (CuSO4) = 27,2 г : 172,5 г · 100% = 15,77% |
| Ответ: 15,77% |

Задача 5. Цинковую пластинку массой 10 г поместили в 120 г 6,1% раствора хлорида кадмия, и выдерживали до тех пор, пока ее масса не стала равной 11,41 г. Вычислите массовые доли солей в полученном растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 10 г  m2 (пласт.) = 11,41 г  m (CdCl2 р-ра) = 120 г  ω (CdCl2 р-ра) = 6,1% | 1. Запишем уравнения реакций.  Zn + CdCl2 = ZnCl2 + Cd |
| *Найти*:  ω (CdCl2) = ?  ω (ZnCl2) = ? | 2. Вычислим количество хлорида кадмия:  m(CdCl2) = 120 г · 0,061 = 7,32 г  n (CdCl2) = 7,32 г : 183 г/моль = 0,04 моль |
| 3. Вводим переменную и составляем уравнение.  Из условия задачи не следует, что весь кадмий из раствора перешел на пластинку.  m2 (пласт.) = m1 (пласт.) + m (Cd) – m (Zn прореаг.)  Пусть n (Cd) = x моль, m (Cd) = 112x г; n (Zn прореаг.) = x моль, m (Zn прореаг.) = 65x г. →  11,41 = 10 + 112x – 65x  x = 0,03 моль = n (CdCl2 прореаг.) = n (ZnCl2) |
| 4. Вычислим массы солей в растворе:  m (CdCl2 ост.) = (0,04 моль – 0,03 моль) · 183 г/моль = 1,83 г  m (ZnCl2) = 0,03 моль · 136 г/моль = 4,08 г |
| 5. Вычислим массовые доли солей в растворе:  Пластинка стала тяжелее на 1,41 г, в таком случае раствор стал легче на 1,41 г  m р-ра = 120 – 1,41 = 118,59 г  ω (CdCl2) = 1,83 г : 118,59 г · 100% = 1,54%  ω (ZnCl2) = 4,08 г : 118,59 г · 100% = 3,44% |
| Ответ: 1,54%, 3,44% |

Задача 6. Медную пластинку массой 24,32 г поместили в раствор нитрата серебра и выдерживали, пока ее масса не увеличилась на 4,56 г. После этого пластинку вынули, просушили и растворили в 350 г концентрированной азотной кислоты. Вычислите массовые доли солей в полученном растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 24,32 г  m2 (пласт.) = 28,88 г  m (HNO3 конц.) = 350 г | 1. Запишем уравнения реакций.  Cu + 2AgNO3 = Cu(NO3)2 + 2Ag  Cu + 4HNO3 = Cu(NO3)2 + 2NO2 + 2H2O  Ag + 2HNO3 = AgNO3 + NO2 + H2O |
| *Найти*:  ω (Cu(NO3)2) = ?  ω (AgNO3) = ? | 2. Вводим переменную и составляем уравнение:  Из условия задачи следует, что пластинка растворилась частично.  Пусть n (Cu прореаг.) = x моль, m (Cu прореаг.) = 64x г; n (Ag) = 2x моль, m (Ag) = 216x г.  Δm пласт. = m (Ag) – m (Cu прореаг.)  4,56 = 216x – 64x  x = 0,03 моль = n (Cu прореаг.)  n (Ag) = 2x = 0,06 моль  n (Cu ост.) = n (Cu исх.) – n (Cu прореаг.) = 24,32 г : 64 г/моль – 0,03 моль = 0,35 моль |
| 3. Вычислим массы солей в растворе:  n (Cu(NO3)2) = n (Cu ост.) = 0,35 моль  m (Cu(NO3)2) = 0,35 моль · 188 г/моль = 65,8 г  n (AgNO3) = n (Ag) = 0,06 моль  m (AgNO3) = 0,06 моль · 170 г/моль = 10,2 г |
| 4. Вычислим массовые доли солей в растворе:  m р-ра = m (HNO3 р-ра) + m2 (пласт.) – m (NO2) = 350 г + 24,32 г + 4,56 г – (0,7 моль + 0,06 моль) · 46 г/моль = 343,92 г  ω (Cu(NO3)2) = 65,8 г : 343,92 г · 100% = 19,13%  ω (AgNO3) = 10,2 г : 343,92 г · 100% = 2,97% |
| Ответ: 19,13%, 2,97% |

Задача 7. Алюминиевую пластинку массой 18,36 г поместили в раствор нитрата цинка и выдерживали, пока ее масса не увеличилась на 5,64 г. Пластинку вынули, высушили и полностью растворили в 280 г раствора гидроксида натрия. Вычислите массовые доли солей в полученном растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 18,36 г  m2 (пласт.) = 24 г  m (NaOH) = 280 г | 1. Запишем уравнения реакций.  2Al + 3Zn(NO3)2 = 2Al(NO3)3 + 3Zn  Zn + 2NaOH + 2H2O = Na2[Zn(OH)4] + H2  2Al + 2NaOH + 6H2O = 2Na[Al(OH)4] + 3H2 |
| *Найти*:  ω (Na[Al(OH)4]) = ?  ω (Na2[Zn(OH)4]) = ? | 2. Вводим переменную и составляем уравнение:  Пусть n (Al прореаг.) = x моль, m (Al прореаг.) = 27x г; n (Zn) = 1,5x моль, m (Zn) = 97,5x г.  Δm (пласт.) = m (Zn) – m (Al прореаг.)  5,64 = 97,5x – 27x  x = 0,08 моль  n (Zn) = 1,5x = 0,12 моль  n (Al ост.) = n (Al исх.) – n (Al прореаг.) = 18,36 г : 27 г/моль – 0,08 моль = 0,6 моль |
| 3. Вычислим массы солей в растворе:  n (Na2[Zn(OH)4]) = n(Zn) = 0,12 моль  m (Na2[Zn(OH)4]) = 0,12 моль · 179 г/моль = 21,48 г  n (Na[Al(OH)4]) = n (Al ост.) = 0,6 моль  m (Na[Al(OH)4]) = 0,6 моль · 118 г/моль = 70,8 г |
| 4. Вычислим массовые доли солей в растворе:  m р-ра = m (NaOH р-ра) + m2 (пласт.) – m (H2) = 280 г + 18,36 г + 5,64 г – (0,12 моль + 0,9 моль) · 2 г/моль = 301,96 г  ω (Na[Al(OH)4]) = 70,8 г : 301,96 г · 100% = 23,45%  ω Na2[Zn(OH)4]) = 21,48 г : 301,96 г · 100% = 7,11% |
| Ответ: 23,45%, 7,11% |

Задача 8. Железную пластинку массой 14 г поместили в раствор бромида меди (II) и выдерживали до тех пор, пока ее масса не стала равной 14,4 г. Затем пластинку вынули, высушили и внесли в 400 г подогретого 26%-го раствора хлорида железа (III). Вычислите массовую долю веществ в полученном растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 14 г  m2 (пласт.) = 14,4 г  m (FeCl3 р-ра) = 400 г  ω (FeCl3 р-ра) = 26% | 1. Запишем уравнения реакций.  Fe + CuBr2 = Cu + FeBr2  Fe + 2FeCl3 = 3FeCl2  Cu + 2FeCl3 = 2FeCl2 + CuCl2 |
| *Найти*:  ω (CuCl2) = ?  ω (FeCl2) = ?  ω (FeCl3) = ? | 2. Вводим переменную и составляем уравнение:  Пусть n (Fe прореаг.) = x моль, m (Fe прореаг.) = 56x г; n (Cu) = x моль, m (Cu) = 64x г.  m2 (пласт.) = m1 (пласт.) + m (Cu) – m (Fe прореаг.)  14,4 = 14 + 64x – 56x  x = 0,05 моль |
| 3. Вычислим массы солей в растворе:  n (Fe ост.) = n (Fe исх.) – n (Fe прореаг.) = 14 г : 56 г/моль – 0,05 моль = 0,2 моль  n (CuCl2) = n (Cu) = 0,05 моль  m (CuCl2) = 0,05 моль · 135 г/моль = 6,75 г  n (FeCl2) = 3n (Fe ост.) + 2n (Cu) = 0,2 моль · 3 + 0,05 моль · 2 = 0,7 моль  m (FeCl2) = 0,7 моль · 127 г/моль = 88,9 г  m (FeCl3 исх.) = 400 г · 0,26 = 104 г  n (FeCl3 исх.) = 104 г : 162,5 г/моль = 0,64 моль  n (FeCl3 ост.) = n (FeCl3 исх.) – 2n (Fe ост.) – 2n (Cu) = 0,64 моль – 0,4 моль – 0,1 моль = 0,14 моль  m (FeCl3 ост.) = 0,14 моль · 162,5 г/моль = 22,75 г |
| 4. Вычислим массовые доли солей в растворе:  m р-ра = m (FeCl3 р-ра) + m2 (пласт.) = 400 г + 14,4 г = 414,4 г  ω (CuCl2) = 6,75 г : 414,4 г · 100% = 1,63%  ω (FeCl2) = 88,9 г : 414,4 г · 100% = 21,45%  ω (FeCl3) = 22,75 г : 414,4 г · 100% = 5,49% |
| Ответ: 1,63%, 21,45%, 5,49% |

Задача 9. Магниевую пластинку внесли в 150 г 17,1%-го раствора сульфата алюминия и выдерживали, пока ее масса не изменилась на 0,45 г. К раствору, полученному после удаления пластинки, прилили избыток раствора карбоната натрия. Вычислите массовые доли веществ в выпавшем при этом осадке.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| Δm (пласт.) = 0,45 г  m (Al2(SO4)3 р-ра) = 150 г  ω (Al2(SO4)3 р-ра) = 17,1% | 1. Запишем уравнения реакций.  3Mg + Al2(SO4)3 = 3MgSO4 + 2Al  Al2(SO4)3 + 3Na2CO3 + 3H2O = 2Al(OH)3 + 3Na2SO4 + 3СO2  MgSO4 + Na2CO3 = MgCO3 + Na2SO4 |
| *Найти*:  ω (Al(OH)3) = ?  ω (MgCO3) = ? | 2. Вводим переменную и составляем уравнение:  Пусть n (Al2(SO4)3 прореаг.) = x моль; n (Al) = 2x моль; m (Al) = 54x г; n (Mg) = 3x моль, m (Mg) = 72x г.  Δm (пласт.) = m (Al) – m (Mg) = –0,45 г  54x – 72x = –0,45  x = 0,025 моль |
| 3. Вычислим массы солей в осадке:  m (Al2(SO4)3 исх.) = 150 г · 0,171 = 25,65 г  n (Al2(SO4)3 исх.) = 25,65 г : 342 г/моль = 0,075 моль  n (Al2(SO4)3 ост.) = n (Al2(SO4)3 исх.) – n (Al2(SO4)3 прореаг.) = 0,075 моль – 0,025 моль = 0,05 моль  n (Al(OH)3) = 2n (Al2(SO4)3 ост.) = 0,05 моль · 2 = 0,1 моль  m (Al(OH)3) = 0,1 моль · 78 г/моль = 7,8 г  n (MgCO3) = n (Mg) = 3x = 3 · 0,025 моль = 0,075 моль  m (MgCO3) = 0,075 моль · 84 г/моль = 6,3 г |
| 4. Вычислим массовые доли солей в растворе:  ω (Al(OH)3) = 7,8 г : (7,8 г + 6,3 г) · 100% = 55,32%  ω (MgCO3) = 6,3 г : (7,8 г + 6,3 г) · 100% = 44,68% |
| Ответ: 55,32%, 44,68% |

Задача 10. В 136 г 25%-го раствора нитрата серебра поместили медную пластинку массой 15 г. Через некоторое время пластинку вынули из раствора, высушили и взвесили. Её масса оказалась равной 22,6 г. Какова массовая доля нитрата серебра в растворе после реакции?

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (пласт.) = 15 г  m2 (пласт.) = 22.6 г  m1 (AgNO3 р-ра) = 136 г  ω1 (AgNO3 р-ра) = 25% | 1. Запишем уравнения реакций.  Cu + 2AgNO3 = Cu(NO3)2 +2Ag |
| *Найти*:  ω2 (AgNO3) = ? | 2. Вычислим массу соли в растворе:  m (AgNO3) = 136 г · 0,25 = 34 г |
| 3. Вводим переменную и составляем уравнение:  Пусть количество вещества меди, вступившей в реакцию с раствором АgNO3, равно х моль. Тогда масса прореагировавшей меди составит:  m (Cu) = n (Cu) • M(Cu) = х моль • 64 г/моль = 64х г.  Согласно уравнению реакции: n (Ag) = 2 n (Cu) = 2х моль.  Масса выделившегося серебра будет равна:  m (Ag) = n (Ag) • M(Ag) = 2x моль • 108 г/моль = 216x г.  Масса пластинки изменится следующим образом:  m2 (пласт) = m1 (пласт) + m (Аg) – m (Cu), или  22,6 г = 15 г + 216 х г – 64 х г  х = n (Cu) = 0,05моль |
| 4. Найдём массу прореагировавшего и оставшегося в растворе нитрата серебра.  m (AgNO3 прореаг.) = n (AgNO3 прореаг.) • M (AgNO3) = 0,1моль • 170 г/моль = 17 г.  Найдём массу нитрата серебра, оставшегося в растворе:  m (AgNO3 ост.) = n (AgNO3 исх.) – m (AgNO3 прореаг.) = 34 г – 17 г =17 г. |
| 5. Вычислим массу раствора после реакции:  ∆m = m2 (пласт.) – m1 (пласт.) = 22,6 г – 15 г = 7,6 г.  Если масса пластинки увеличилась на 7,6 г, то, согласно закону сохранения массы веществ, масса раствора уменьшилась на такую же величину.  m 2 (AgNO3 р-ра) = m1 (AgNO3 р-ра) – 7,6 г = 136 г – 7,6 г = 128,4 г. |
| 6. Находим массовую долю нитрата серебра в растворе после реакции:  ω2 (AgNO3) = m 2 (AgNO3 р-ра) • 100% = 128,4 г •100% = 13,2%. |
| Ответ: 13,2%. |

Задача 10. Железную пластинку полностью растворили в 500 г раствора азотной кислоты. При этом выделилась смесь оксидов азота II и IV, в которой число молекул составило 5,418 \* 1023 . В полученной смеси оксидов азота соотношение атомов кислорода к азоту равно 5:3. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано*: | *Решение*: |
| m1 (НNO3 р-ра) = 500 г  N=5,418\*1023 молекул  N(O) : N(H) = 5:3 | 1. Запишем уравнения реакций.  Fe + 4HNO3(разб.) = Fe(NO3)3 +NO +2H2O  Fe + 6HNO3(конц..) = Fe(NO3)3 +3NO2 +3H2O |
| *Найти*:  ω(соли) = ? | 2. Вычислим количество выделившихся газов:  n=N/NA = 5,418\*1023/6,02\*1023= 0,9 моль |
| 3. По соотношению атомов составим уравнение   |  |  |  | | --- | --- | --- | | соотношение | 5 | 3 | | атомы | О | N | | Х моль  NO | х | х | | Y моль  NO2 | 2у | у | |  | х+2у | х+у |   х+2у/х+у =5/3 |
| 4. Составляем систему уравнений:  х+у=0,9  х+2у/х+у =5/3  Решая систему уравнений, находим  х=0,3 моль – n(NO),  у=0,6 моль -n(NO2) |
| 1. Найдём количество и массу образовавшегося в растворе нитрата железа.   n(Fe(NO3)3 образ.) находим по уравнению , сопоставляем количество вещества оксидов азота и количество нитрата железа (III)  n(Fe(NO3)3 образ=0,3 + 0,2 = 0,5 моль  m (Fe(NO3)3 образ.) = 0,5моль • 242 г/моль = 121 г. |
| 6. Вычислим массу раствора после реакции:  m(р-ра) = m(HNO3)+m(Feпрореаг) – m(NO)-m(NO2)  m(Feпрореаг)= 0,5\*56=28г  m(NO)= 0,3\*30=9г  m(NO2) =0,6\*46=27,6г.  m(р-ра) = 500+28 – 9 – 27,6=491,4г |
| 7. Находим массовую долю нитрата железа (III) в растворе после реакции:  ω (Fe(NO3)3) = 121/491,4 • 100% = 24,62%. |
| Ответ: 24,62%. |

***Задачи для самостоятельного решения:***

1. Медную пластинку массой 6,4г поместили в 600г 10% раствора сульфата железа (III). При этом масса пластинки уменьшилась до 5,2г. Определите массовую долю сульфата железа (III) в конечном растворе.
2. При полном растворении смеси железных и цинковых опилок в растворе сульфата кадмия масса их увеличилась на 35,6г. При полном растворении этой смеси в нитрате свинца масса увеличилась на 102,1г. Найдите состав исходной смеси в %?
3. При полном растворении смеси железных и цинковых опилок в растворе сульфата кадмия масса их увеличилась на 35,6г. При полном растворении этой смеси в нитрате свинца масса увеличилась на 102,1г. Найдите состав исходной смеси в %?
4. Железную пластинку массой 14г поместили в раствор бромида меди и выдерживали до тех пор, пока ее масса не стала равной 14,4г. Затем пластинку вынули, высушили и внесли в 400г подогретого 26% раствора хлорида железа (III). Определите массовую долю веществ в полученном растворе.
5. Железную пластинку массой 200г поместили в раствор нитрата серебра массой 150г с массовой долей нитрата серебра 6,8%, через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили, ее масса увеличилась на 0,8%. Через образовавшийся раствор пропустили сероводород объемом 5,6л, полученный осадок отделили и обработали концентрированной азотной кислотой при нагревании. Какой объём азотной кислоты с массовой долей 82,9% и плотностью 1,47 г/мл потребовался для полного растворения осадка.
6. Железную пластинку полностью растворили в 500 г раствора азотной кислоты. При этом выделилась смесь оксидов азота II и IV, объемом 20,16 л. В полученной смеси оксидов азота соотношение атомов кислорода к азоту равно 5:3. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе.
7. Цинковую пластинку опустили в раствор нитрата некоторого двухвалентного металла. После того как прореагировало 0,03 моль нитрата металла, масса цинковой пластинки увеличилась на 1,41г. Определите, нитрат какого металла был в растворе? Ответ: Cd, Cd(NO3)2.
8. Цинковую пластинку внесли в раствор нитрата некоторого двухвалентного металла. В реакцию вступил 0,05 моль нитрата металла, а масса пластинки увеличилась на 7,1г. Определите, нитрат какого металла был в растворе? Ответ: Pb, Pb(NO3)2.
9. Железную пластинку массой 20г погрузили в раствор массой 80г с массовой долей нитрата серебра 12%. Через некоторое время массовая доля нитрата серебра в растворе составила 8%. Определите, чему стала равна масса металлической пластины, если всё полученное серебро выделилось на ней. Ответ: 21,56г
10. Медную пластинку массой 100г поместили в раствор массой 131,5г с массовой долей нитрата ртути (I) – Hg2(NO3)2 – 20%. Определите массу пластинки после окончания реакции. Ответ: 116,9г
11. Смесь хлорида и иодида натрия общей массой 5,01 г растворили в воде и к полученному раствору добавили 200 г 8,5 %-го раствора нитрата серебра. После отделения осадка в фильтрат поместили медную пластинку, при этом 0,96 г меди растворилось. Определите состав исходной смеси солей (в % по массе). Ответ: ω(NaCl) = 70 %, ω(NaI) = 30 %
12. Смесь хлорида и бромида калия общей массой 5,36 г растворили в воде и к полученному раствору добавили 200 г 6,8 %-го раствора нитрата серебра. После отделения осадка в фильтрат поместили цинковую пластинку, при этом 0,65 г цинка растворилось. Определите состав исходной смеси солей (в % по массе). Ответ: ω(KCl) = 55,6 %, ω(KBr) = 44,4 %

**Источники**

1. Открытый банк заданий ЕГЭ <https://fipi.ru/ege/otkrytyy-bank-zadaniy-ege#!/tab/173765699-4>
2. **Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 года** <https://fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy#!/tab/173737686-4>
3. Демоверсия, спецификация, кодификатор ЕГЭ 2024 <https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-4>
4. Сайт Сдам ГИА/Решу ЕГЭ <https://chem-ege.sdamgia.ru/prob-catalog>
5. Сайт Наука для тебя <https://scienceforyou.ru/trenirovochnye-varianty-dlja-podgotovki-k-egje>
6. Всероссийский проект «ЕГЭ 100 БАЛЛОВ» vk.com/ege100ballov