**Задачи на смеси и сплавы на ЕГЭ по химии**

*Автор статьи — профессиональный репетитор* [*О. В. Овчинникова.*](http://ege-study.ru/teacher/olga-valentinovna-ovchinnikova/)

Задачи на смеси и сплавы — очень частый вид задач на ЕГЭ по химии. Они требуют чёткого представления о том, какие из веществ вступают в предлагаемую в задаче реакцию, а какие нет.

О **смеси** мы говорим тогда, когда у нас есть не одно, а несколько веществ (компонентов), «ссыпанных» в одну емкость. Вещества эти не должны взаимодействовать друг с другом.

**Типичные заблуждения и ошибки при решении задач на смеси.**

1. *Попытка записать оба вещества в одну реакцию.*Вот одна из распространенных ошибок:
«Смесь оксидов кальция и бария растворили в соляной кислоте…»Многие выпускники пишут уравнение реакции так:



Это ошибка. Ведь в этой смеси могут быть любые количества каждого оксида!
А в приведенном уравнении предполагается, что их **равное количество**.

1. *Предположение, что их мольное соотношение соответствует коэффициентам в уравнениях реакций.*Например:



Количество цинка принимается за , а количество алюминия — за (в соответствии с коэффициентом в уравнении реакции). Это тоже неверно. Эти количества могут быть любыми и они никак между собой не связаны.

1. *Попытки найти «количество вещества смеси», поделив её массу на сумму молярных масс компонентов.*Это действие вообще никакого смысла не имеет. Каждая молярная масса может относиться только к отдельному веществу.

Часто в таких задачах используется реакция металлов с кислотами. Для решения таких задач надо точно знать, какие металлы с какими кислотами взаимодействуют, а какие — нет.

**Необходимые теоретические сведения.**

Способы выражения состава смесей.

* **Массовая доля компонента в смеси**— отношение массы компонента к массе всей смеси. Обычно массовую долю выражают в %, но не обязательно.



где
– «омега», массовая доля компонента в смеси,
– масса компонента,
– масса смеси

* **Мольная доля компонента в смеси** — отношение числа моль (количества вещества) компонента к суммарному числу моль всех веществ в смеси. Например, если в смесь входят вещества , и , то:


где
– «хи», мольная доля компонента в смеси,
– число моль (количество вещества) компонента А

* **Мольное соотношение компонентов.**Иногда в задачах для смеси указывается мольное соотношение её составляющих. Например:



* **Объёмная доля компонента в смеси** *(только для газов)*— отношение объёма вещества А к общему объёму всей газовой смеси.


где
– «фи», объёмная доля компонента в смеси,
– объём вещества А,
– общий объём всей газовой смеси

**Электрохимический ряд напряжений металлов.**

|  |
| --- |
| Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb  H  Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au |

**Реакции металлов с кислотами.**

1. С минеральными кислотами, к которым относятся все растворимые кислоты (**кроме азотной и концентрированной серной**, взаимодействие которых с металлами происходит по-особому), реагируют **только металлы**, в электрохимическом ряду напряжений находящиеся **до (левее) водорода**.
2. При этом металлы, имеющие несколько степеней окисления (железо, хром, марганец, кобальт), проявляют минимальную из возможных степень окисления — обычно это .
3. Взаимодействие металлов с **азотной кислотой** приводит к образованию, вместо водорода, продуктов восстановления азота, а с **серной концентрированной кислотой** — к выделению продуктов восстановления серы. Так как реально образуется смесь продуктов восстановления, часто в задаче есть прямое указание на конкретное вещество.

**Продукты восстановления азотной кислоты.**

|  |
| --- |
| Чем активнее металл и чем меньше концентрация кислоты, тем дальше восстанавливается азот |
| **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20NO_2&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20NO&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20N_2O%20&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20N2%20&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20NH_4NO_3%20&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** |
| Неактивные металлы (правее железа) + конц. кислотаНеметаллы + конц. кислота | Неактивные металлы (правее железа) + разб. кислота | Активные металлы (щелочные, щелочноземельные, цинк) + конц. кислота | Активные металлы (щелочные, щелочноземельные, цинк) + кислота среднего разбавления | Активные металлы (щелочные, щелочноземельные, цинк) + очень разб. кислота |
| **Пассивация:** с холодной концентрированной азотной кислотой не реагируют:http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20Al%2C%20Cr%2C%20Fe%2C%20Be%2C%20Co.&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1 |
| **Не реагируют** с азотной кислотой **ни при какой концентрации**:http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20Au%2C%20Pt%2C%20Pd.&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1 |

**Продукты восстановления серной кислоты.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20SO_2&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20S&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20H_2S&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** | **http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20H_2&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1** |
| Неактивные металлы (правее железа) + конц. кислотаНеметаллы + конц. кислота | Щелочноземельные металлы + конц. кислота | Щелочные металлы и цинк + концентрированная кислота. | Разбавленная серная кислота ведет себя как обычная минеральная кислота (например, соляная) |
| **Пассивация:** с холодной концентрированной серной кислотой не реагируют:http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20Al%2C%20Cr%2C%20Fe%2C%20Be%2C%20Co.&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1 |
| **Не реагируют** с серной кислотой **ни при какой концентрации**:http://l.wordpress.com/latex.php?latex=%5Cbf%20Au%2C%20Pt%2C%20Pd.&bg=FFFFFF&fg=000000&s=1 |

**Реакции металлов с водой и со щелочами.**

1. В воде при комнатной температуре растворяются **только** металлы, которым соответствуют растворимые основания (щелочи). Это щелочные металлы (), а также металлы IIA группы: . При этом образуется щелочь и водород. При кипячении в воде также можно растворить магний.
2. В щелочи могут раствориться только амфотерные металлы: алюминий, цинк и олово. При этом образуются гидроксокомплексы и выделяется водород.

Внимание! Многие ошибки в решении задач ЕГЭ по химии связаны с тем, что школьники плохо владеют математикой. Специально для вас — материал о том, как [решать задачи на проценты, сплавы и смеси](http://ege-study.ru/materialy-ege/zadacha-b13/).

**Примеры решения задач.**

Рассмотрим три примера задач, в которых смеси металлов реагируют с *соляной* кислотой:

**Пример 1.** *При действии на смесь меди и железа массой 20 г избытком соляной кислоты выделилось 5,6 л газа (н.у.). Определить массовые доли металлов в смеси.*

В первом примере медь не реагирует с соляной кислотой, то есть водород выделяется при реакции кислоты с железом. Таким образом, зная объём водорода, мы сразу сможем найти количество и массу железа. И, соответственно, массовые доли веществ в смеси.

**Решение примера 1.**

1. Находим количество водорода: моль.
2. По уравнению реакции:



Количество железа тоже 0,25 моль. Можно найти его массу:

г.

1. Теперь можно рассчитать массовые доли металлов в смеси:

Ответ: железа, меди.

**Пример 2.** *При действии на смесь алюминия и железа массой 11 г избытком соляной кислоты выделилось 8,96 л газа (н.у.). Определить массовые доли металлов в смеси.*

Во втором примере в реакцию вступают **оба** металла. Здесь уже водород из кислоты выделяется в обеих реакциях. Поэтому прямым расчётом здесь нельзя воспользоваться. В таких случаях удобно решать с помощью очень простой системы уравнений, приняв за — число моль одного из металлов, а за — количество вещества второго.

**Решение примера 2.**

1. Находим количество водорода: моль.
2. Пусть количество алюминия — моль, а железа моль. Тогда можно выразить через и количество выделившегося водорода:



– мольное соотношение 



1. Нам известно общее количество водорода: моль. Значит, (это первое уравнение в системе).
2. Для смеси металлов нужно выразить **массы**через количества веществ.Значит, масса алюминия



масса железа



а масса всей смеси

(это второе уравнение в системе).

1. Итак, мы имеем систему из двух уравнений:

Решать такие системы гораздо удобнее методом вычитания, домножив первое уравнение на 18:и вычитая первое уравнение из второго:



моль 

моль 

1. Дальше находим массы металлов и их массовые доли в смеси:

г

г



соответственно,



Ответ: железа, алюминия.

**Пример 3.** *16 г смеси цинка, алюминия и меди обработали избытком раствора соляной кислоты. При этом выделилось 5,6 л газа (н.у.) и не растворилось 5 г вещества. Определить массовые доли металлов в смеси.*

В третьем примере два металла реагируют, а третий металл (медь) не вступает в реакцию. Поэтому остаток 5 г — это масса меди. Количества остальных двух металлов — цинка и алюминия (учтите, что их общая масса 16 − 5 = 11 г) можно найти с помощью системы уравнений, как в примере №2.

Ответ к Примеру 3: 56,25% цинка, 12,5% алюминия, 31,25% меди.

Следующие три примера задач (№4, 5, 6) содержат реакции металлов с азотной и серной кислотами. Главное в таких задачах — правильно определить, какой металл будет растворяться в ней, а какой не будет.

**Пример 4.** *На смесь железа, алюминия и меди подействовали избытком холодной концентрированной серной кислоты. При этом часть смеси растворилась, и выделилось 5,6 л газа (н.у.). Оставшуюся смесь обработали избытком раствора едкого натра. Выделилось 3,36 л газа и осталось 3 г не растворившегося остатка. Определить массу и состав исходной смеси металлов.*

В этом примере надо помнить, что **холодная концентрированная** серная кислота не реагирует с железом и алюминием (пассивация), но реагирует с медью. При этом выделяется оксид серы (IV).

**Со щелочью** реагирует **только алюминий** — амфотерный металл (кроме алюминия, в щелочах растворяются ещё цинк и олово, в горячей концентрированной щелочи — ещё можно растворить бериллий).

**Решение примера 4.**

1. С концентрированной серной кислотой реагирует только медь, число моль газа: моль

(конц.) 
(не забудьте, что такие реакции надо обязательно уравнивать с помощью электронного баланса)

Так как мольное соотношение меди и сернистого газа , то меди тоже моль.
Можно найти массу меди:

г.

1. В реакцию с раствором щелочи вступает алюминий, при этом образуется гидроксокомплекс алюминия и водород:
2. Число моль водорода: моль,мольное соотношение алюминия и водорода и, следовательно,

моль.

Масса алюминия:

г

1. Остаток — это железо, массой 3 г. Можно найти массу смеси: г.
2. Массовые доли металлов:







Ответ: меди, алюминия, железа.

**Пример 5.** *21,1 г смеси цинка и алюминия растворили в 565 мл раствора азотной кислоты, содержащего 20 мас. % НNО3 и имеющего плотность 1,115 г/мл. Объем выделившегося газа, являющегося простым веществом и единственным продуктом восстановления азотной кислоты, составил 2,912 л (н.у.). Определите состав полученного раствора в массовых процентах. (РХТУ)*

В тексте этой задачи чётко указан продукт восстановления азота — «простое вещество». Так как азотная кислота с металлами не даёт водорода, то это — азот. Оба металла растворились в кислоте.

В задаче спрашивается не состав исходной смеси металлов, а состав получившегося после реакций раствора. Это делает задачу более сложной.

**Решение примера 5.**

1. Определяем количество вещества газа: моль.
2. Определяем массу раствора азотной кислоты, массу и количество вещества растворенной :

г

г

моль

Обратите внимание, что так как металлы полностью растворились, значит — **кислоты точно хватило** (с водой эти металлы не реагируют). Соответственно, надо будет проверить, **не оказалась ли кислота в избытке**, и сколько ее осталось после реакции в полученном растворе.

1. Составляем уравнения реакций (**не забудьте про электронный баланс**) и, для удобства расчетов, принимаем за — количество цинка, а за — количество алюминия. Тогда, в соответствии с коэффициентами в уравнениях, азота в первой реакции получится моль, а во второй — моль:





1. Тогда, учитывая, что масса смеси металлов г, их молярные массы — г/моль у цинка и г/моль у алюминия, получим следующую систему уравнений:


– количество азота
– масса смеси двух металлов

Решать эту систему удобно, домножив первое уравнение на 90 и вычитая первое уравнение их второго.

значит, моль

значит, моль

Проверим массу смеси:

г.

1. Теперь переходим к составу раствора. Удобно будет переписать реакции ещё раз и записать над реакциями количества всех прореагировавших и образовавшихся веществ (кроме воды):



1. Следующий вопрос: осталась ли в растворе азотная кислота и сколько её осталось?По уравнениям реакций, количество кислоты, вступившей в реакцию: моль,

т.е. кислота была в избытке и можно вычислить её остаток в растворе:

моль.

1. Итак, в **итоговом растворе**содержатся:

нитрат цинка в количестве моль:

г

нитрат алюминия в количестве моль:

г

избыток азотной кислоты в количестве моль:

г

1. Какова масса итогового раствора?Вспомним, что масса итогового раствора складывается из тех компонентов, которые мы смешивали (растворы и вещества) минус те продукты реакции, которые ушли из раствора (осадки и газы):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Массановогораствора |   =   | Сумма масссмешиваемыхрастворов и/или веществ |   -   | Масса осадков |   -   | Масса газов |

1.
2. Тогда для нашей задачи:
3. = масса раствора кислоты + масса сплава металлов — масса азота
4. г
5. г
6. Теперь можно рассчитать массовые доли веществ в получившемся растворе:







Ответ: нитрата цинка, нитрата алюминия, азотной кислоты.

**Пример 6.** *При обработке г смеси меди, железа и алюминия избытком концентрированной азотной кислоты выделилось л газа (н.у.), а при действии на эту смесь такой же массы избытка хлороводородной кислоты — л газа (н.у.). Определите состав исходной смеси. (РХТУ)*

При решении этой задачи надо вспомнить, во-первых, что концентрированная азотная кислота с неактивным металлом (медь) даёт , а железо и алюминий с ней не реагируют. Соляная кислота, напротив, не реагирует с медью.

Ответ к примеру 6: меди, железа, алюминия.

**Задачи для самостоятельного решения.**

**1. Несложные задачи с двумя компонентами смеси.**

**1-1.** Смесь меди и алюминия массой г обработали -ным раствором азотной кислоты, при этом выделилось л газа (н. у.). Определить массовую долю алюминия в смеси.

**1-2.** Смесь меди и цинка массой г обработали концентрированным раствором щелочи. При этом выделилось л газа (н.y.). Вычислите массовую долю цинка в исходной смеси.

**1-3.** Смесь магния и оксида магния массой г обработали достаточным количеством разбавленной серной кислоты. При этом выделилось л газа (н.у.). Найти массовую долю магния в смеси.

**1-4.** Смесь цинка и оксида цинка массой г растворили в разбавленной серной кислоте. Получили сульфат цинка массой г. Вычислите массовую долю цинка в исходной смеси.

**1-5.** При действии смеси порошков железа и цинка массой г на избыток раствора хлорида меди (II) образовалось г меди. Определите состав исходной смеси.

**1-6.** Какая масса -ного раствора соляной кислоты потребуется для полного растворения г смеси цинка с оксидом цинка, если при этом выделился водород объемом л (н.у.)?

**1-7.** При растворении в разбавленной азотной кислоте г смеси железа и меди выделяется оксид азота (II) объемом л (н.у.). Определите состав исходной смеси.

**1-8.** При растворении г смеси железных и алюминиевых опилок в -ном растворе соляной кислоты ( г/мл) выделилось л водорода (н.у.). Найдите массовые доли металлов в смеси и определите объем израсходованной соляной кислоты.

**2. Задачи более сложные.**

**2-1.** Смесь кальция и алюминия массой г прокалили без доступа воздуха с избытком порошка графита. Продукт реакции обработали разбавленной соляной кислотой, при этом выделилось л газа (н.у.). Определите массовые доли металлов в смеси.

**2-2.** Для растворения г сплава магния с алюминием использовано мл -ного раствора серной кислоты ( г/мл). Избыток кислоты вступил в реакцию с мл раствора гидрокарбоната калия с концентрацией моль/л. Определите массовые доли металлов в сплаве и объем газа (н.у.), выделившегося при растворения сплава.

**2-3.** При растворении г смеси железа и оксида железа (II) в серной кислоте и выпаривании раствора досуха образовалось г железного купороса — гептагидрата сульфата железа (II). Определите количественный состав исходной смеси.

**2-4.** При взаимодействии железа массой г с хлором образовалась смесь хлоридов железа (II) и (III) массой г. Вычислите массу хлорида железа (III) в полученной смеси.

**2-5.** Чему была равна массовая доля калия в его смеси с литием, если в результате обработки этой смеси избытком хлора образовалась смесь, в которой массовая доля хлорида калия составила ?

**2-6.** После обработки избытком брома смеси калия и магния общей массой г масса полученной смеси твердых веществ оказалась равной г. Эту смесь обработали избытком раствора гидроксида натрия, после чего осадок отделили и прокалили до постоянной массы. Вычислите массу полученного при этом остатка.

**2-7.** Смесь лития и натрия общей массой г окислили избытком кислорода, всего было израсходовано л (н.у.). Полученную смесь растворили в г -го раствора серной кислоты. Вычислите массовые доли веществ в образовавшемся растворе.

**2-8.** Сплав алюминия с серебром обработали избытком концентрированного раствора азотной кислоты, остаток растворили в уксусной кислоте. Объемы газов, выделившихся в обеих реакциях измеренные при одинаковых условиях, оказались равными между собой. Вычислите массовые доли металлов в сплаве.

**3. Три металла и сложные задачи.**

**3-1.** При обработке г смеси меди, железа и алюминия избытком концентрированной азотной кислоты выделилось л газа. Такой же объем газа выделяется и при обработке этой же смеси такой же массы избытком разбавленной серной кислоты (н.у.). Определите состав исходной смеси в массовых процентах.

**3-2.** г смеси железа, меди и алюминия, взаимодействуя с избытком разбавленной серной кислоты, выделяет л водорода (н.у.). Определите состав смеси в массовых процентах, если для хлорирования такой же навески смеси требуется л хлора (н.у.).

**3-3.** Железные, цинковые и алюминиевые опилки смешаны в мольном отношении (в порядке перечисления). г такой смеси обработали избытком хлора. Полученную смесь хлоридов растворили в мл воды. Определить концентрации веществ в полученном растворе.

**3-4.** Сплав меди, железа и цинка массой г (массы всех компонентов равны) поместили в раствор соляной кислоты массой г. Рассчитайте массовые доли веществ в получившемся растворе.

**3-5.** г смеси, состоящей из кремния, алюминия и железа, обработали при нагревании избытком гидроксида натрия, при этом выделилось л газа (н.у.). При действии на такую массу смеси избытка соляной кислоты выделяется л газа (н.у.). Определите массы веществ в исходной смеси.

**3-6.** При обработке смеси цинка, меди и железа избытком концентрированного раствора щелочи выделился газ, а масса нерастворившегося остатка оказалась в раза меньше массы исходной смеси. Этот остаток обработали избытком соляной кислоты, объем выделившегося газа при этом оказался равным объему газа, выделившегося в первом случае (объемы измерялись при одинаковых условиях). Вычислите массовые доли металлов в исходной смеси.

**3-7.** Имеется смесь кальция, оксида кальция и карбида кальция с молярным соотношением компонентов (в порядке перечисления). Какой минимальный объем воды может вступить в химическое взаимодействие с такой смесью массой г?

**3-8.** Смесь хрома, цинка и серебра общей массой г обработали разбавленной соляной кислотой, масса нерастворившегося остатка оказалась равной г. Раствор после отделения осадка обработали бромом в щелочной среде, а по окончании реакции обработали избытком нитрата бария. Масса образовавшегося осадка оказалась равной г. Вычислите массовые доли металлов в исходной смеси.

**Ответы и комментарии к задачам для самостоятельного решения.**

1-1. (алюминий не реагирует с концентрированной азотной кислотой);

1-2. (в щелочи растворяется только амфотерный металл — цинк);

1-3. ;

1-4. ;

1-5. (железо, вытесняя медь, переходит в степень окисления );

1-6. г;

1-7. (железо в азотной кислоте переходит в );

1-8. (железо в реакции с соляной кислотой переходит в ); мл раствора .

2-1. (кальций и алюминий с графитом (углеродом) образуют карбиды и ; при их гидролизе водой или выделяются, соответственно, ацетилен и метан );

2-2. ;

2-3. (гептагидрат сульфата железа — );

2-4. г;

2-5. ;

2-6. г;

2-7. (при окислении кислородом лития образуется его оксид, а при окислении натрия — пероксид , который в воде гидролизуется до пероксида водорода и щелочи);

2-8. ;

3-1. ;

3-2. ;

3-3. (железо в реакции с хлором переходит в степень окисления );

3-4. (не забудьте, что медь не реагирует с соляной кислотой, поэтому её масса не входит в массу нового раствора);

3-5. г г г (кремний — неметалл, он реагирует с раствором щелочи, образуя силикат натрия и водород; с соляной кислотой он не реагирует);

3-6. ;

3-7. мл;

3-8. (хром при растворении в соляной кислоте переходит в хлорид хрома (II), который при действии брома в щелочной среде переходит в хромат; при добавлении соли бария образуется нерастворимый хромат бария)