

Химия. Ключи ответов 10 класс

Задание 1. При раскопках в Крыму археологическая экспедиция обнаружила две необычные монеты неизвестной эпохи из неизвестного сплава.



Для анализа состава монет их отдали в химическую лабораторию. С помощью алмазного надфиля химик-аналитик получил небольшое количество металлических опилок монетного сплава. 0,2000 г металлических опилок обработали 20%-ой соляной кислотой. Сплав частично растворился; металлический осадок отделили от раствора фильтрованием.

Раствор, оставшийся после отделения осадка, имел зеленый цвет. К нему прилили избыток раствора сульфида натрия, в результате чего выпал черный осадок массой 0,0617 г.

Нерастворившийся в соляной кислоте металлический осадок отфильтровали, высушили и взвесили. Его масса оказалась равна 0,1600 г. При обработке осадка 60%-ой азотной кислотой он полностью растворился с образованием голубого раствора. Раствор выпарили и прокалили при 400⁰С. Получили черный порошок массой 0,2000 г.

Определите качественный и количественный состав сплава (в массовых %). Приведите уравнения всех описанных в задаче реакций. **20 баллов**

Решение

Поскольку один из металлов, входящих в состав сплава, не растворяется в соляной кислоте, но растворяется в азотной, можно сделать вывод, что стоит в ряду напряжений после водорода. Это может быть медь, серебро или их смесь. Золото и платину отбрасываем, т.к. они не растворяются в азотной кислоте. Ртуть также отбрасываем, т.к. она летуча и не используется для изготовления монет. Т.к. при растворении металлического осадка в азотной кислоте образовался голубой раствор, то металл – либо медь, либо смесь меди и серебра (т.к. соли меди в растворе имеют голубую окраску, а соли серебра бесцветны). Предположим, что металлический осадок – медь. Для того, чтобы подтвердить это, сделаем расчет по уравнениям реакций. Уравнение реакции растворения меди в азотной кислоте:



При прокаливании нитрата меди образуется черный порошок оксида меди (II):



Т.к. масса не растворившегося в соляной кислоте металлического осадка (предположительно, меди) равна 0,16 г, а масса оксида – 0,20 г, то масса кислорода, входящего в состав оксида 0,04 г.

$\nu(\text{O}) = 0,04/16 = 0,0025$ моль = $\nu(\text{Me})$, (в предположении, что металл двухвалентный).

Тогда молярная масса металла

$M(\text{Me}) = m(\text{Me})/v(\text{Me}) = 0,16/0,0025 = 64$ г/моль, что соответствует молярной массе меди. Таким образом, один из металлов, входящий в состав сплава – медь. Массовая доля меди в монетном сплаве:

$$\omega(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/m(\text{сплава}) = 0,16/0,20 = 0,8 \text{ (80\%)}$$

Масса металла (или смеси металлов), растворившихся в соляной кислоте

$$m(\text{Me}') = m(\text{сплава}) - m(\text{Cu}) = 0,20 - 0,16 = 0,04 \text{ г.}$$

Т.к. этот металл (или смесь металлов) растворяется в соляной кислоте, то он (они) стоят в ряду напряжений до водорода. Образовавшийся при растворении в кислоте раствор имел зеленый цвет. Это характерно для иона никеля (+2). Возможно, однако, что в растворе содержались и другие ионы металлов. Для выяснения этого произведем следующий расчет.

Предположим, что помимо меди, в сплаве был только один металл, который затем перевели в раствор в виде хлорида $\text{Me}'\text{Cl}_2$, а затем осадили в виде сульфида $\text{Me}'\text{S}$:



$$v(\text{Me}') = m'/M' = 0,04/M'$$

где m' и M' – соответственно масса и молярная масса неизвестного металла.

Согласно уравнениям (3) и (4),

$$v(\text{MeCl}_2) = v(\text{Me}') = v(\text{Me}'\text{S}) = 0,04/M' \quad (5)$$

Тогда получаем: $v(\text{Me}'\text{S}) = m(\text{Me}'\text{S})/M(\text{Me}'\text{S}) = 0,04/M'$;

По условию $m(\text{Me}'\text{S}) = 0,0617$, тогда $v(\text{Me}'\text{S}) = 0,0617/M(\text{Me}'\text{S}) = 0,0617/(M' + 32)$ (6)

Приравнявая (5) и (6), получим:

$$0,0617/(M' + 32) = 0,04/M' \quad (7)$$

Решая уравнение (7), получим $M' = 59$ г/моль, что соответствует никелю или кобальту. Но, поскольку водные растворы солей кобальта (+2) имеют розовую окраску, то искомым металл – никель.

$$\omega(\text{Ni}) = 1 - \omega(\text{Cu}) = 0,2 \text{ (20\%)}$$

Итак, состав сплава: 80% меди, 20% никеля.

Критерии оценивания

За уравнения реакций (1) - (4) – по 2 балла, всего **8 баллов**.

За указание на то, что металл, растворившийся в соляной кислоте, стоит до водорода – 1 балл, а металл, не растворившийся в соляной, но растворившейся в азотной кислоте – 1 балл, всего **2 балла**.

За указание, что голубой цвет раствора указывает на ионы меди, а зеленый – на ионы никеля – по 1 баллу, всего **2 балла**.

За вычисление молярной массы меди и никеля – по 3 балла, всего **6 баллов**.

За вычисление массовой доли меди и никеля в сплаве – по 1 баллу, всего **2 балла**.

Итого 20 баллов

Задание 2. Масса колбы, заполненной смесью метана и кислорода, равна 92,5 г. Та же колба, заполненная кислородом, имеет массу 94 г. Та же колба, заполненная метаном, имеет массу 92 г.

1) Определите объемные доли газов (метана и кислорода) в смеси.

2) Сгорит ли полностью метан при поджигании смеси электрической искрой?

Ответ подтвердите расчетами и уравнениями реакций. **20 баллов**

Решение

Уравнение реакции горения метана:



Для того, чтобы метан полностью сгорел в кислороде, необходимо, согласно уравнению реакции (1), чтобы

$$v(\text{O}_2)/v(\text{CH}_4) \geq 2. \quad (2)$$

Так как газы занимают весь предоставленный объем, то во всех случаях объем колбы равен объему газов, ее наполняющих:

$$V_k = V_{\text{газ}} \quad (3)$$

Пусть x – масса колбы, масса метана и кислорода в смеси соответственно $m(\text{CH}_4)$ и $m(\text{O}_2)$, масса чистого метана и чистого кислорода в колбе соответственно $m(\text{CH}_4)'$ и $m(\text{O}_2)'$.

Тогда масса колбы со смесью газов равна

$$92,5 = x + m(\text{CH}_4)' + m(\text{O}_2)' \quad (4)$$

Масса колбы, заполненной чистым кислородом

$$94 = x + m(\text{O}_2) \quad (5)$$

Масса колбы, заполненной чистым метаном

$$92 = x + m(\text{CH}_4) \quad (6)$$

Пусть v – количество газа в колбе при н.у.

Тогда

$$m(\text{CH}_4) = 16v, \quad m(\text{O}_2) = 32v \quad (7)$$

Подставляя выражения (7) в уравнения (5) и (6), получим:

$$94 = x + 32v, \quad (8)$$

$$92 = x + 16v. \quad (9)$$

Вычитая уравнение (9) из уравнения (8), получим:

$$2 = 16v, \text{ откуда } v = 0,125 \text{ моль. Тогда из уравнения (6) находим массу колбы } x:$$

$$x = 92 - m(\text{CH}_4) = 92 - 16v = 92 - 16 \cdot 0,125 = 90 \text{ г.}$$

Подставляя $x = 90$ в уравнение (4), получим массу смеси метана и кислорода в колбе:

$$m(\text{CH}_4)' + m(\text{O}_2)' = 2,5 \quad (10)$$

Т.к. количество газов в колбе $v = 0,125$ моль, то

$$0,125 = v(\text{CH}_4)' + v(\text{O}_2)'. \quad (11)$$

Выразив $v(\text{CH}_4)' = 0,125 - v(\text{O}_2)'$ и подставив в уравнение (10), получим:

$$16 \cdot (0,125 - v(\text{O}_2)') + 32 \cdot v(\text{O}_2)' = 2,5, \quad (12)$$

$$\text{откуда } v(\text{O}_2)' = 0,03125 \text{ моль, } v(\text{CH}_4)' = 0,09375 \text{ моль.} \quad (13)$$

Так как для газов объемные и молярные доли равны, то получаем объемные доли газов:

$$\varphi(\text{O}_2)' = v(\text{O}_2)' / (v(\text{O}_2)' + v(\text{CH}_4)') = 0,03125 / 0,125 = 0,25 \text{ (25%); } \varphi(\text{CH}_4)' = 0,75 \text{ (75%).}$$

Соотношение количеств кислорода и метана в смеси:

$$v(\text{O}_2)' / v(\text{CH}_4)' = 0,03125 / 0,09375 = 0,3(3), \text{ что в совокупности с выражением (2)}$$

свидетельствует о том, что кислород находится в недостатке, следовательно, метан полностью не сгорит.

Критерии оценивания

За уравнение реакции (1) – **1 балл**, за установление соотношения количеств кислорода и метана, при котором метан сгорит полностью (2) – **1 балл**.

За понимание того, что объем газов всегда равен объему колбы (3) – **1 балл**. За выражения массы колбы с газами через массу газов и массу колбы (4) – (6) – по 1 баллу, итого – **3 балла**.

За определение массы колбы – **3 балла**.

За определение общего количества газов в колбе – **3 балла**.

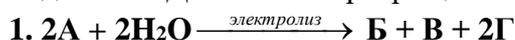
За определение количеств кислорода и метана в колбе – **4 балла**.

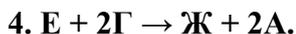
За установление объемных долей метана и кислорода в смеси – **2 балла**.

За определение соотношения количеств метан и кислорода и вывод о том, что метан полностью не сгорит – **2 балла**.

Итого 20 баллов

Задание 3. Дана схема превращений:





Расшифруйте вещества А-Ж, зашифрованные в схеме, если известно, что вещества Б и В – газы, причем газ В в 35,5 раз тяжелее газа Б, а вещество Г имеет щелочную реакцию среды и массовая доля водорода в нем составляет 2,5%. Напишите уравнения реакций 1 – 4. Назовите вещества А- Ж. Укажите, где применяются вещества Д, Е, Ж.

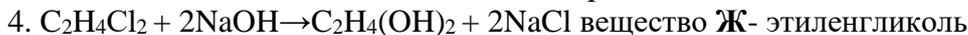
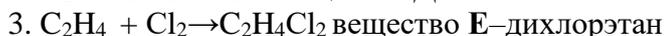
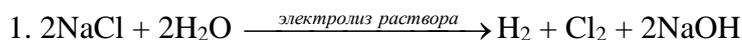
20 баллов

Решение

Газы, которые образуются при электролизе растворов, это обычно – водород на катоде и галоген или кислород на аноде. Если принять, что Б – водород, то газ В имеет молярную массу $2 \cdot 35,5 = 71$ г/моль, что соответствует хлору. Следовательно А – хлорид, а Г – гидроксид какого-то металла. Расшифруем этот металл. Пусть степень окисления металла равна +1, тогда формула гидроксида в общем виде $MeOH$. $\omega(H) = \frac{M(H)}{M(MeOH)}$;

$M(MeOH) = 1/0,025 = 40$ г/моль, следовательно $M(Me) = 40 - 17 = 23$ г/моль, это натрий. Вещество А – NaCl (хлорид натрия), Г – NaOH (гидроксид натрия).

Уравнения реакций:



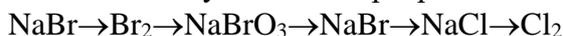
Вещество Д – этен используется как мономер для получения полиэтилена; вещество Е – дихлорэтан – как растворитель; вещество Ж- этиленгликоль – как антифриз.(3балла за применение трех веществ).

Критерии оценивания

За определение натрия в составе гидроксида расчетом – 2 балла. За уравнения реакций 1 – 4 – по 2 балла, всего 8 баллов. За названия веществ А-Ж – по 1 баллу, всего 7 баллов. За применение веществ Д, Е, Ж– по 1 баллу, всего 3 балла.

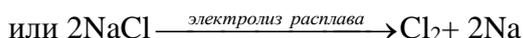
Итого 20 баллов

Задание 4. Осуществите превращения:



Приведите уравнения реакций с указанием условий их протекания (если требуется). Укажите окраску и агрегатное состояние веществ, указанные в цепочке, при комнатной температуре в индивидуальном состоянии.

Решение



NaBr, NaBrO₃, NaCl – твердые бесцветные вещества, PBr₃– бесцветная жидкость, Br₂ – красно-бурая жидкость, Cl₂– желто-зеленый газ, HBr – бесцветный газ.

Критерии оценивания

За уравнения реакций (1) – (8) – по 2 балла, итого **16 баллов**. За агрегатные состояния веществ – **2 балла**, за окраску – **2 балла**. Если агрегатные состояния и окраска указаны правильно только для некоторых веществ, можно поставить по 1 баллу.

Принимаются другие варианты правильно написанных уравнений реакций, например, превращение (1)– электролиз раствора бромида натрия.

Итого 20 баллов

Задание 5. В склянках без этикеток находятся растворы хлоридов цинка, меди, магния, натрия, железа (II) и железа (III). Как можно установить, в какой склянке находится какой раствор, используя только один химический реактив? Что это за реактив? Приведите уравнения реакций, которые необходимо провести и опишите видимые изменения, которыми они сопровождаются.

20 баллов

Решение

Раствор хлорида железа (III) – желтого цвета, хлорида меди – сине-голубого. Таким образом, их можно идентифицировать по окраске. Оставшиеся четыре раствора бесцветны. Их можно идентифицировать с помощью раствора щелочи. Реакции, протекающие при этом:



Наблюдаем выпадение белого осадка, не растворимого в избытке раствора щелочи.



Наблюдаем выпадение белого осадка, растворяющегося в избытке раствора щелочи:



Наблюдаем выпадение осадка грязно-зеленого цвета, темнеющего на воздухе.

Раствор хлорида натрия не реагирует со щелочью, никаких изменений не наблюдается.

Критерии оценивания

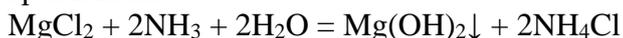
За идентификацию растворов хлорида железа (III) и хлорида меди по окраске – по 2 балла, всего **4 балла**.

За определение группового реактива – раствора щелочи – **2 балла**.

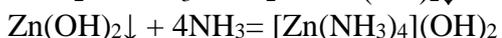
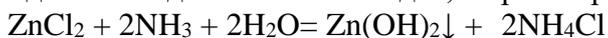
За уравнения реакций (1) – (4) – по 2 балла, итого **8 баллов**. За указание того, что раствор хлорида натрия не реагирует со щелочью – **2 балла**. За описание видимых изменений, сопровождающих протекающие реакции (1) – (4) (выпадение осадка, его окраска, растворение осадка) – по 1 баллу, всего **4 балла**.

Допускается вариант решения без идентификации растворов хлорида железа (III) и хлорида меди по окраске. В этом случае, щелочь приливают ко всем шести растворам, наблюдая, в случае хлорида меди образование сине-голубого осадка, в случае хлорида железа (III) – красно-бурого осадка.

Принимается также вариант решения задачи, где роль реагента выполняет водный раствор аммиака.

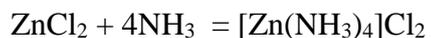


Наблюдаем выпадение белого осадка, не растворимого в избытке аммиака.

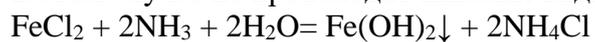


Если раствор аммиака добавлять по каплям, наблюдаем сначала выпадение белого осадка гидроксида цинка, а затем растворение его с образованием бесцветного раствора (аммиачного комплекса цинка).

Если прилить сразу большой объем раствора аммиака, то выпадение осадка не происходит, сразу образуется бесцветный комплекс:



В этом случае не происходит никаких видимых изменений.



Наблюдаем выпадение осадка грязно-зеленого цвета, темнеющего на воздухе.

Раствор хлорида натрия не реагирует с раствором аммиака, никаких изменений не наблюдается.

Таким образом, если пользоваться раствором аммиака, то необходимо приливать его по каплям, в противном случае невозможно будет отличить водные растворы хлорида цинка и хлорида натрия.

Итого 20 баллов