



Профиль олимпиады: химия

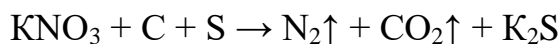
Класс участия: 8, 9

Вариант задания: 2

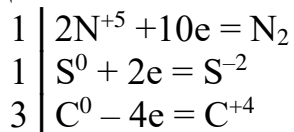
Задача 1 (10 баллов). Черный порох, изобретенный в Китае в Средневековье, состоит из трех компонентов: калиевой селитры, древесного угля и серы. При сгорании пороха селитра дает кислород для сжигания угля, сера – цементирует смесь и ускоряет процесс воспламенения пороха. Составьте уравнение реакции, отражающей химизм действия черного пороха. Рассмотрите реакцию как окислительно-восстановительную, используя метод электронного баланса. Образованием какого продукта реакции объясняется выделение большого количества энергии при вспышке пороха?

Решение

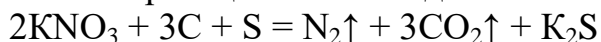
Схема реакции:



Электронные уравнения и баланс электронов для процесса окисления и процесса восстановления:



Окончательно уравнение реакции имеет вид:



N^{+5} (KNO_3) и S^0 (S) – окислители, C^0 (C) – восстановитель.

Выделение большого количества энергии при сгорании черного пороха обусловлено главным образом образованием молекул N_2 , отличающихся, как известно, уникальной прочностью.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 1		
Элемент решения		Баллы
1.	Составлена схема реакции, протекающей при сгорании черного пороха, указаны формулы образующихся веществ.	2
2.	Составлены электронные уравнения и баланс электронов для процесса окисления и процесса восстановления.	2
3.	Указано, что в данной реакции два окислителя и один восстановитель.	2
4.	Записано окончательное уравнение реакции, отражающей химизм действия черного пороха.	2
5.	Указан продукт реакции, образованием которого обусловлено выделение большого количества энергии при вспышке черного пороха.	2
Итого		10



Задача 2 (10 баллов). Раствор гидроксида калия применяют в качестве электролита в щелочных аккумуляторах. При комнатной температуре приготовили 500 мл раствора данной щелочи путем смешивания 133 г гидроксида калия и 470 мл воды. Определите плотность полученного раствора, массовую долю (в %) и молярную концентрацию в нем гидроксида калия.

Решение

Масса 470 мл воды равна 470 г, так как плотность воды равна 1 г/мл. Масса раствора равна $133 + 470 = 603$ г, плотность раствора равна $603/500 = 1,206$ г/мл.

Массовая доля KOH равна $133/603 = 0,22056$ или 22,06% или примерно 22%.

Молярная масса $M(\text{KOH}) = 39 + 16 + 1 = 56$ г/моль; количество вещества $n(\text{KOH}) = 133/56 = 2,375$ моль. Объем раствора $V = 500$ мл = 0,5 л. Молярная концентрация $C(\text{KOH}) = n(\text{KOH})/V(\text{раствора}) = 2,375/0,5 = 4,75$ моль/л.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 2

Элемент решения		Баллы
1.	Рассчитана масса 470 мл воды.	1
2.	Рассчитана масса раствора гидроксида калия.	1
3.	Рассчитана плотность полученного раствора гидроксида калия.	2
4.	Рассчитана массовая доля KOH в приготовленном растворе.	2
5.	Рассчитана молярная масса гидроксида калия.	1
6.	Рассчитано количество вещества гидроксида калия в приготовленном растворе.	1
7.	Рассчитана молярная концентрация гидроксида калия в полученном растворе.	2
Итого		10

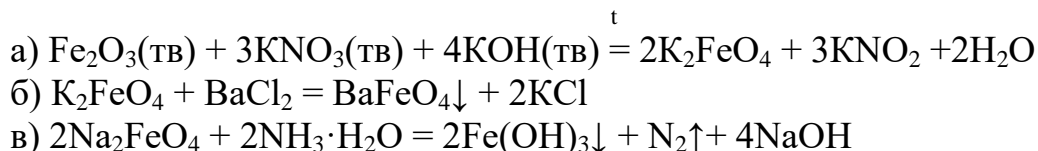


Задача 3 (15 баллов). Известно, что для атомов железа в соединениях наиболее характерны степени окисления +2 и +3. Но при действии очень сильных окислителей на соединения железа (III) в щелочной среде можно получить соединения со степенью окисления железа +6 – *ферраты*. Ферраты – это соли железной кислоты H_2FeO_4 , которая в свободном состоянии не получена. Они являются очень сильными окислителями (более сильными, чем перманганат калия KMnO_4 и озон), легко окисляют многие токсичные химические вещества и микроорганизмы, обладают антисептическим действием. Поэтому ферраты используют при очистке сточных вод. Также применяются как отбеливающие средства, для очистки целлюлозы, в качестве катализаторов в некоторых химических процессах.

Составьте уравнения следующих реакций: а) получения феррата калия сплавлением оксида железа (III) с твердым нитратом калия в присутствии твердого гидроксида калия; б) получения нерастворимого феррата бария действием на раствор феррата калия раствора хлорида бария; в) окисления аммиака до свободного азота с использованием феррата натрия.

Решение

Уравнения описанных реакций:



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 3		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции получения феррата калия сплавлением оксида железа (III) с твердым нитратом калия в присутствии гидроксида калия.	5
2.	Записано уравнение реакции обмена для получения феррата бария действием на раствор феррата калия раствора хлорида бария.	5
3.	Записано уравнение реакции окисления аммиака до свободного азота с использованием феррата натрия.	5
Итого		15



Задача 4 (15 баллов). При взаимодействии хлора с сухой гашеной известью получают «белильную» или «хлорную известь» – белый порошок с резким запахом. Полученный продукт рассматривают как смешанную соль двух хлорсодержащих кислот. «Хлорная известь» обладает сильными окислительными свойствами. Во влажном воздухе под действием углекислого газа она постепенно разлагается с образованием слабой кислоты. Эта кислота, в свою очередь, под действием света разлагается с выделением сильного окислителя – атомарного кислорода, с чем и связана высокая окислительная активность «хлорной извести». Напишите уравнения протекающих реакций и назовите образующиеся в них вещества.

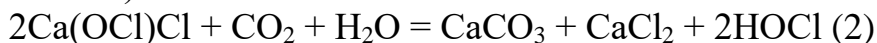
Решение

В результате взаимодействия хлора с сухой гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ получается смесь солей хлорноватистой и хлороводородной кислот:

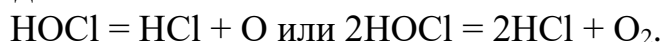


$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ – гипохлорит кальция и CaCl_2 – хлорид кальция. Получаемый технический продукт рассматривают как смешанную соль двух кислот – хлорноватистой (HOCl) и хлороводородной (HCl) – $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ и называют «хлорной известью».

Под действием CO_2 во влажном воздухе «хлорная известь» разлагается с выделением хлорноватистой кислоты HOCl , так как эта кислота слабее угольной кислоты ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$):



Хлорноватистая кислота под действием света разлагается с образованием атомарного кислорода:



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 4		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия хлора с гашеной известью (1).	3
2.	Приведены названия образующихся в реакции (1) веществ.	2
3.	Записано уравнение реакции взаимодействия «хлорной извести» с углекислым газом во влажном воздухе (2)	3
4.	Приведены названия образующихся в реакции (2) веществ.	2
5.	Записано уравнение реакции разложения хлорноватистой кислоты под действием света,	3
6.	Приведены названия образующихся в реакции (3) веществ.	2
Итого		15



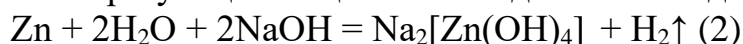
Задача 5 (15 баллов). Если к водному раствору ортофосфата натрия добавить кусочек металлического цинка, то при нагревании раствора можно наблюдать растворение цинка и выделение пузырьков газа. Объясните происходящие в описанном опыте процессы, напишите уравнения реакций и составьте суммарное уравнение реакции растворения цинка в растворе ортофосфата натрия.

Решение

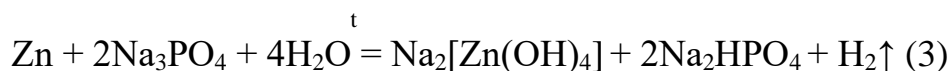
Ортофосфат натрия в водном растворе подвергается сильному гидролизу по аниону:



Среда раствора становится настолько щелочной, что это обеспечивает растворение цинка в образующейся щелочи с выделением водорода:



Нагревание раствора способствует усилению гидролиза и лучшему течению реакции растворения цинка, которую можно представить суммарным уравнением:



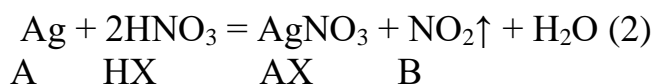
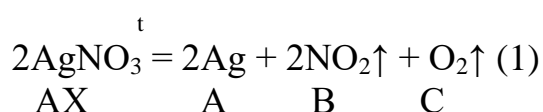
Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 5		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции гидролиза ортофосфата натрия в водном растворе (1).	5
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия цинка с раствором образующейся щелочи (NaOH) (2).	5
3.	Составлено суммарное уравнение реакции растворения цинка в растворе ортофосфата натрия (3).	5
Итого		15



Задача 6 (15 баллов). Некоторую неорганическую соль АХ нагрели, при этом произошло ее разложение с образованием трех веществ: А, В и С. Одно из полученных веществ – А – твердое, а В и С являются газами. К веществу А добавили концентрированный раствор кислоты НХ. Произошла реакция, в результате которой снова образовалась соль АХ, выделился газ В и получилась вода. Приведите формулы веществ АХ, А, В, С и НХ, если известно, что молярная масса газа В примерно в 1,44 раза больше молярной массы газа С.

Решение



$$M(\text{NO}_2)/M(\text{O}_2) = 46/32 = 1,4375 \approx 1,44$$

АХ – нитрат серебра; А – серебро, В – оксид азота (IV); С – кислород; НХ – азотная кислота.

Критерии оценивания

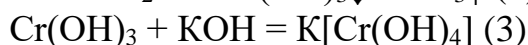
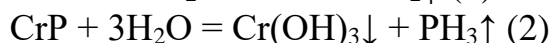
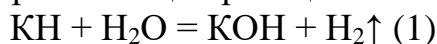
Критерии оценивания задания 6		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции разложения соли АХ при нагревании с образованием трех веществ, одно из которых, А, твердое, а два других – В и С, являются газами.	5
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия вещества А с концентрированным раствором кислоты НХ с образованием соли АХ и газа В.	5
3.	Указаны названия неизвестных веществ.	5
Итого		15



Задача 7 (20 баллов). К смеси гидрида калия и фосфида хрома массой 32,3 г прибавили 292,3 мл воды. Смесь прореагировала полностью и без образования осадка. Масса полученного при этом раствора оказалась на 4,6 г меньше суммарной массы исходной смеси и воды. Вычислите массовую долю (в %) образовавшейся в растворе соли.

Решение

Записаны уравнения протекающих реакций:



Пусть в смеси было x моль KN и y моль CrP. $M(\text{KN}) = 40$ г/моль; $M(\text{CrP}) = 52 + 31 = 83$ г/моль;

$$\text{Тогда } 40x + 83y = 32,3 \quad (1^*)$$

Уменьшение массы раствора после протекания реакций обусловлено выделением газообразных веществ – водорода (H_2) и фосфина (PH_3). В соответствии с уравнениями (1) и (2) выделилось x моль водорода и y моль фосфина. Молярная масса $M(\text{H}_2) = 2$ г/моль; молярная масса $M(\text{PH}_3) = 34$ г/моль.

$$\text{Тогда } 2x + 34y = 4,6 \quad (2^*)$$

Решая систему уравнений (1*) и (2*), получаем $x = 0,6$ моль, $y = 0,1$ моль.

Масса полученного раствора равна $32,3 + 292,3 - 4,6 = 320$ г.

Количество вещества соли $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ в соответствии с уравнением (3) равно количеству вещества $\text{Cr}(\text{OH})_3$ и равно 0,1 моль. Молярная масса $M(\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]) = 40 + 52 + 17 \cdot 4 = 160$ г/моль. Масса соли $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ равна $0,1 \cdot 160 = 16$ г.

Массовая доля соли в полученном растворе равна $16:320 = 0,05$ или 5 %.



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 7		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия гидрида калия с водой.	2
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия фосфида хрома с водой.	2
3.	Записано уравнение реакции взаимодействия гидроксида хрома с гидроксидом калия с образованием растворимой комплексной соли.	2
4.	Рассчитаны молярные массы гидрида калия и фосфида хрома.	1
5.	Рассчитаны молярные массы водорода и фосфина.	1
6.	Составлена система из двух уравнений с двумя неизвестными.	4
7.	Рассчитаны количества веществ гидрида калия, фосфида хрома, водорода и фосфина.	4
8.	Рассчитана масса конечного раствора.	1
9.	Определено количество вещества комплексной соли, рассчитана ее молярная масса и масса.	2
10.	Рассчитана массовая доля соли в полученном растворе.	1
Итого		20