



Профиль олимпиады: химия

Класс участия: 8, 9

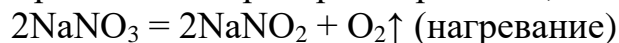
Вариант задания: 1

Задача 1 (10 баллов). При окислении железа в особых условиях, в частности, в расплавленной натриевой селитре, на его поверхности образуется плотная пленка железной окалины, защищающая металл от коррозии. Это процесс так называемого воронения стали (его часто применяют при изготовлении огнестрельного оружия). Составьте уравнения химических реакций, протекающих в описанном процессе, назовите участвующие в них химические вещества по систематической номенклатуре.

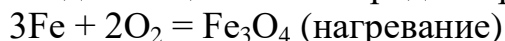
Решение

Протекают следующие реакции:

1) разложение натриевой селитры при нагревании;



2) окисление железа выделяющимся кислородом при высокой температуре



Названия веществ: NaNO_3 – нитрат натрия (натриевая селитра); NaNO_2 – нитрит натрия; Fe_3O_4 – оксид железа (II, III) (железная окалина).

Критерии оценивания

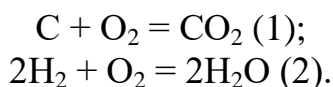
Критерии оценивания задания 1		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции разложения натриевой селитры при нагревании.	2
2.	Записано уравнение реакции окисления железа при высокой температуре	2
3.	Приведено название натриевой селитры по систематической номенклатуре.	2
4.	Приведено название основного продукта разложения натриевой селитры по систематической номенклатуре.	2
5.	Приведено название железной окалины по систематической номенклатуре.	2
Итого		10



Задача 2 (10 баллов). Машина, проехав 850 км, израсходовала бензин массой 20 кг. Рассчитайте объем воздуха (н. у.), необходимого для сгорания бензина, если содержание углерода в бензине 85%, а водорода 15%. Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%. (Запишите число с точностью до десятых).

Решение.

Уравнения реакций:



Масса углерода $\text{C} = 20 \cdot 0,85 = 17$ кг, масса водорода $\text{H} (\text{H}_2) = 3$ кг.

Количество вещества углерода $n(\text{C}) = 17/12 = 1,41667 \approx 1,417$ кмоль; $n(\text{O}_2)$ по реакции (1) равно 1,417 кмоль.

Количество вещества водорода $n(\text{H}_2) = 3/2 = 1,5$ кмоль; $n(\text{O}_2)$ по реакции (2) равно $1,5/2 = 0,75$ кмоль.

Общее количество вещества кислорода составляет $n(\text{O}_2) = 1,417 + 0,75 = 2,167$ кмоль или $\approx 2,17$ кмоль.

Объем $\text{O}_2 = 2,167 \cdot 22,4 = 48,5408 \approx 48,54$ м³. Объем воздуха равен $48,54/0,21 = 231,1 \approx 231$ м³. Ответ может быть равным от 231,1 до 231,5 м³.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 2		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции горения углерода.	1
2.	Записано уравнение реакции горения водорода.	1
3.	Рассчитаны масса углерода и водорода в бензине.	1
4.	Рассчитаны количества веществ углерода и кислорода для уравнения (1).	2
5.	Рассчитаны количества веществ водорода и кислорода для уравнения (2).	2
6.	Рассчитано суммарное количество вещества кислорода, затраченного на сгорание бензина.	1
7.	Рассчитан объем кислорода (н. у.), затраченного на сгорание бензина.	1
8.	Рассчитан объем воздуха (н. у.), необходимого для сгорания бензина.	1
Итого		10

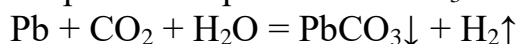


Задача 3 (15 баллов). Катионы свинца Pb^{2+} оказывают ядовитое действие на организм человека. Будучи постоянно вводим в организм даже очень малыми дозами, свинец не выводится из него, а накапливается, частично замещая кальций в ортофосфате кальция $Ca_3(PO_4)_2$ костного скелета. В древнем Риме, где для водопроводов применялись свинцовые трубы, такое отравление было весьма распространенным, что приводило к низкой продолжительности жизни горожан. На отравление свинцом указывают результаты анализа останков древних римлян.

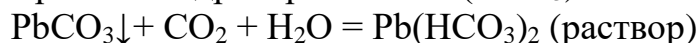
Известно, что свинец взаимодействует с водой, если в ней содержится углекислый газ. Составьте уравнения реакций постепенного растворения свинца в воде в присутствии углекислого газа. Какое растворимое соединение свинца содержалось в воде свинцового водопровода и послужило причиной отравления древних римлян, постепенно вступая в реакцию с ортофосфатом кальция? Напишите уравнение этой реакции.

Решение

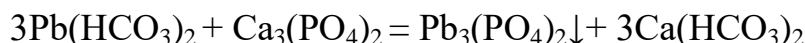
При небольшой концентрации углекислого газа на поверхности свинца образуется пленка нерастворимого карбоната $PbCO_3$



Однако при более высоких концентрациях CO_2 происходит переход свинца в воду в виде растворимого гидрокарбоната $Pb(HCO_3)_2$:



Катионы свинца постепенно замещают катионы кальция в ортофосфате кальция, так как растворимость ортофосфата свинца значительно ниже растворимости ортофосфата кальция: $PP(Pb_3(PO_4)_2) = 7,9 \cdot 10^{-43}$, $PP(Ca_3(PO_4)_2) = 2,0 \cdot 10^{-29}$.



Это и послужило причиной свинцового отравления людей в древнем Риме.

Критерии оценивания

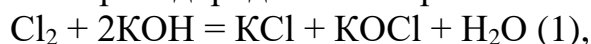
Критерии оценивания задания 3		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия свинца с угольной кислотой в растворе с образованием нерастворимого карбоната свинца.	5
2.	Записано уравнение реакции растворения карбоната свинца под действием избытка углекислого газа в водном растворе с образованием раствора гидрокарбоната свинца.	5
3.	Записано уравнение взаимодействия гидрокарбоната свинца с ортофосфатом кальция с образованием нерастворимого ортофосфата свинца.	5
Итого		15



Задача 4 (15 баллов). Для отбеливания тканей и бумаги французский химик К. Бертолле впервые в 1788 г. применил «жавелевую воду», которую получал, пропуская хлор через холодный раствор гидроксида калия. Белящие свойства «жавелевой воды» основаны на том, что одна из образующихся в реакции солей легко разлагается уже под действием углекислого газа, находящегося в воздухе, 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 «жавелевой воды». Напишите уравнения протекающих реакций и назовите образующиеся в них вещества.

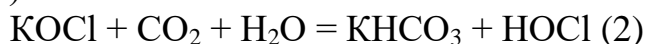
Решение

В результате взаимодействия хлора с холодным раствором щелочи (KOH) получается смесь солей хлороводородной и хлорноватистой кислот:

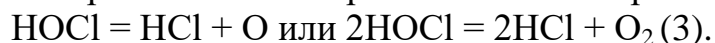


KCl – хлорид калия и KOCl – гипохлорит калия.

Под действием углекислого газа CO_2 раствор гипохлорита калия разлагается с выделением хлорноватистой кислоты HOCl, так как она слабее угольной кислоты ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$):



Последняя и обесцвечивает различные красящие и загрязняющие вещества, окисляя их вследствие разложения с образованием атомарного кислорода:



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 4		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия хлора с холодным раствором гидроксида калия (1).	3
2.	Приведены названия образующихся в результате реакции (1) веществ.	2
3.	Записано уравнение реакции взаимодействия раствора гипохлорита калия с углекислым газом (2).	3
4.	Приведены названия образующихся в результате реакции (2) веществ.	2
5.	Записано уравнение реакции разложения хлорноватистой кислоты под действием света (3).	3
6.	Приведены названия образующихся в результате реакции (3) веществ	2
Итого		15



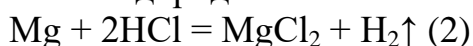
Задача 5 (15 баллов). Если к водному раствору хлорида цинка добавить кусочек стружки металлического магния, то при нагревании раствора можно наблюдать растворение магния и выделение пузырьков газа. Объясните происходящие в описанном опыте процессы, напишите уравнения реакций и составьте суммарное уравнение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

Решение

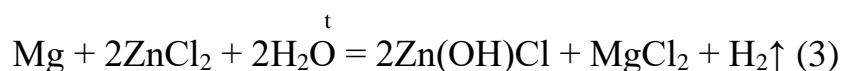
Хлорид цинка в водном растворе подвергается сильному гидролизу по катиону:



Среда раствора становится кислой и магний растворяется в образующейся соляной кислоте с выделением водорода:



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



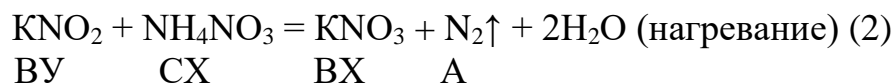
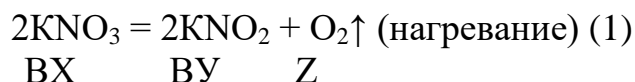
Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 5		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции гидролиза хлорида цинка в водном растворе (1).	5
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия магния с образующейся в растворе соляной кислотой (2).	5
3.	Составлено суммарное уравнение реакции растворения магния в растворе хлорида цинка (3).	5
Итого		15



Задача 6 (15 баллов). Некоторую неорганическую соль ВХ нагрели, при этом произошло ее разложение с образованием другой соли ВУ и газа Z. Соль ВУ растворили в воде и добавили к раствору соль СХ в молярном отношении 1:1. Раствор осторожно упарили. Произошла реакция, в результате которой выделился газ А и снова образовалась соль ВХ. Приведите формулы солей ВХ, ВУ, СХ и газов Z и А, если известно, что молярная масса газа Z в 1,143 раза больше молярной массы газа А. Назовите неизвестные вещества.

Решение



$$M(\text{O}_2)/M(\text{N}_2) = 32/28 = 1,143$$

ВХ – нитрат калия; ВУ – нитрит калия; Z – кислород; СХ – нитрат аммония; А – азот.

Критерии оценивания

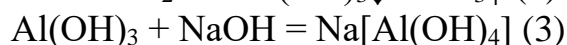
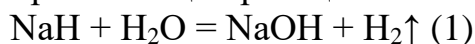
Критерии оценивания задания 6		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции разложения соли ВХ при нагревании с образованием другой соли ВУ и газа Z.	5
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия соли ВУ с солью СХ с образованием исходной соли ВХ и газа А.	5
3.	Указаны названия неизвестных веществ.	5
Итого		15



Задача 7 (20 баллов). К смеси гидрида натрия и фосфида алюминия массой 30,8 г прибавили 449,6 мл воды. Смесь прореагировала полностью и без образования осадка. Масса полученного при этом раствора оказалась на 8,4 г меньше суммарной массы исходной смеси и воды. Вычислите массовую долю (в %) образовавшейся в растворе соли.

Решение

Записаны уравнения протекающих реакций:



Пусть в исходной смеси было x моль NaH и y моль AlP . Молярная масса $M(\text{NaH}) = 23 + 1 = 24$ г/моль; молярная масса $M(\text{AlP}) = 27 + 31 = 58$ г/моль.

Тогда $24x + 58y = 30,8$ (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.

Тогда $2x + 34y = 8,4$ (2*)

Решая систему уравнений (1*) и (2*), получаем $x = 0,8$ моль, $y = 0,2$ моль.

Масса полученного раствора равна $30,8 + 449,6 - 8,4 = 472$ г.

Количество вещества соли $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ в соответствии с уравнением (3) равно количеству вещества $\text{Al}(\text{OH})_3$ и равно 0,2 моль. Молярная масса $M(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = (23 + 27 + 17 \cdot 4) = 118$ г/моль. Масса соли $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ равна $= 0,2 \cdot 118 = 23,6$ г.

Массовая доля соли в полученном растворе равна $23,6:472 = 0,05$ или 5 %.



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 7		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия гидрида натрия с водой.	2
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия фосфида алюминия с водой.	2
3.	Записано уравнение реакции взаимодействия гидроксида алюминия с гидроксидом натрия с образованием растворимой комплексной соли.	2
4.	Рассчитаны молярные массы гидрида натрия и фосфида алюминия.	1
5.	Рассчитаны молярные массы водорода и фосфина.	1
6.	Составлена система из двух уравнений с двумя неизвестными.	4
7.	Рассчитаны количества веществ гидрида натрия, фосфида алюминия, 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