

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2017-2018 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

8 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Вставьте пропущенный текст в следующие фразы.

- 1.1. Из четырех простых веществ-неметаллов – бром, азот, озон и хлор самым активным является ... **озон**, а наименее активным ... **азот**.
- 1.2. Степень окисления хлора в хлорите калия ... **+3**, а в перхлорате калия ... **+7**.
- 1.3. Валентными для атома серы являются ... **3s** и ... **3p** электроны
- 1.4. В атоме углерода в основном состоянии количество неспаренных электронов равно ... **2**, а в ионе C^{4+} ... **0**.
- 1.5. В растворе NaOH окраска фенолфталеина ... **малиновая**, а в растворе NH_3 - ... **тоже малиновая**.
- 1.6. В составе ортофосфорной кислоты ... **3** атома водорода, а в составе метафосфорной ... **1**.
- 1.7. Среда водного раствора H_3PO_4 ... **кислая**, а водного раствора $Ba(OH)_2$ – **щелочная**.
- 1.8. При термическом разложении нитрата калия выделяется ... **кислород (или O_2)**, а в остатке остается ... **нитрит калия (или KNO_2)**.
- 1.9. В реакции растворов $AgNO_3 + HBr = ?$ признаком реакции является ... **образование осадка**, а в реакции растворов $Na_2CO_3 + HBr = ?$ признаком реакции является ... **выделение газа**.
- 1.10. Ядро самого распространенного изотопа фосфора содержит ... **15** протонов и ... **16** нейтронов.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1 б

всего $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$ баллов.

Итого 20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Студенты алхимического факультета собрались провести несколько опытов в университетской лаборатории. Оказалось, что в этой лаборатории все склянки с химическими реактивами подписаны тривиальными названиями: щелочь натриевая, жидкое стекло (силикатный клей), сода питьевая, ляпис, мел, купоросное масло, нашатырный спирт. Помогите студентам организовать эксперимент.

а) Напишите формулы соединений, находящихся в склянках.

б) Напишите уравнения шести химических реакций, которые можно осуществить, смешивая попарно сами вещества или их водные растворы. Одно и то же вещество можно использовать при написании нескольких превращений; больше двух веществ в одной реакции использовать не разрешается.

Решение:

а) Щелочь натриевая – NaOH, жидкое стекло – Na_2SiO_3 , сода питьевая – $NaHCO_3$, ляпис – $AgNO_3$, мел – $CaCO_3$, купоросное масло – H_2SO_4 , нашатырный спирт – водный раствор NH_3 (принимается NH_4OH здесь и в уравнениях).

б) Возможные уравнения реакций: $NaOH + NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O$;

$2NaOH + 2AgNO_3 = Ag_2O \downarrow + H_2O + 2NaNO_3$; $NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$;

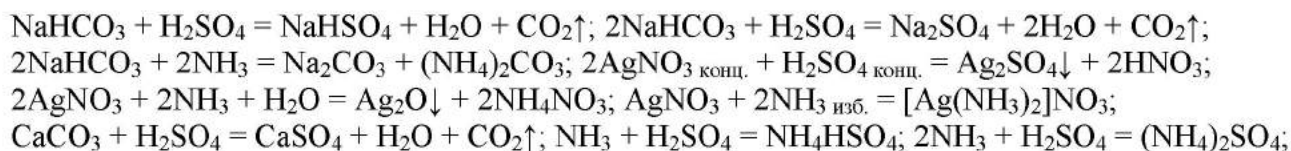
$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$;

$Na_2SiO_3 + 2NaHCO_3 + (x-1)H_2O = 2Na_2CO_3 + SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$ (или H_2SiO_3);

$Na_2SiO_3 + 2AgNO_3 + xH_2O = 2NaNO_3 + Ag_2O \downarrow + SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$ (или H_2SiO_3);

$Na_2SiO_3 + H_2SO_4 + (x-1)H_2O = SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$ (или H_2SiO_3) + Na_2SO_4 ;

$2NaHCO_3 + 2AgNO_3 = Ag_2CO_3 \downarrow + H_2O + CO_2 \uparrow + 2NaNO_3$;



Система оценивания:

а) Формулы по 1 б

всего 1*7 = 7 баллов.

б) Уравнения реакций по 1 б

всего 1*6 = 6 баллов.

Итого 13 баллов

2.2. Школьнику выдали четыре пронумерованных стаканчика, содержащих смеси белых порошков солей:

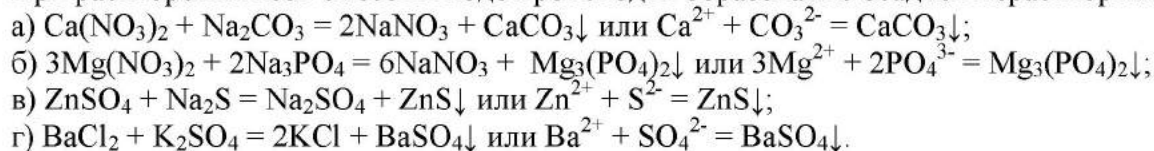
а) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$; б) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4$; в) $\text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$; г) $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$. Его задача состояла в том, чтобы установить, какая из смесей находится в стаканчике с определенным номером. Посмотрев в таблицу растворимости, он увидел, что все вещества растворимы, и налил в каждый стаканчик воды, чтобы затем использовать растворы. Однако, сколько он ни перемешивал эти смеси в воде, ни в одном из стаканчиков не получился прозрачный раствор. На дне каждого из стаканчиков оставалось большое количество белого осадка, наотрез отказывавшегося растворяться.

Подумав немного и осознав свою ошибку, школьник взболтал смеси стеклянными палочками, перелил понемногу растворов с осадками в отдельные пробирки и добавил к ним избыток соляной кислоты. Отметив наблюдаемые эффекты, он с чувством выполненного долга записал в тетради правильное соответствие составов смесей номерам стаканчиков.

Напишите уравнения реакций, прошедших в стаканчиках и пробирках в результате проведенных школьником экспериментов. Обязательно укажите внешние признаки реакций в пробирках, позволившие школьнику решить поставленную задачу.

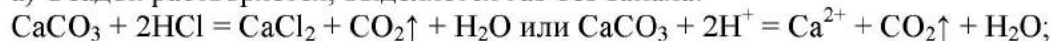
Решение:

При растворении всех смесей в воде происходит образование осадков нерастворимых солей:

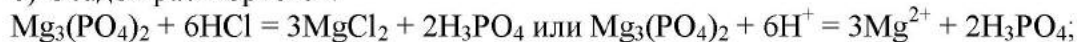


При добавлении соляной кислоты к смесям происходят следующие процессы:

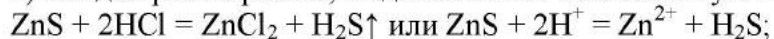
а) Осадок растворяется, выделяется газ без запаха:



б) Осадок растворяется:



в) Осадок растворяется, выделяется газ с запахом тухлых яиц:



г) Осадок не растворяется, видимых изменений нет, запаха нет.

Система оценивания:

Уравнения реакций по 1 б

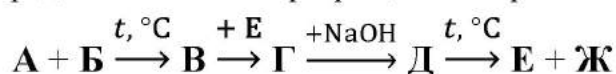
всего 1*7 = 7 баллов.

Эффекты в реакциях с HCl и их отсутствие в г) по 1 б

всего 1*4 = 4 балла.

Итого 11 баллов

2.3. Вашему вниманию представлена схема превращений неорганических соединений А-Ж:



Дополнительно известно, что:

- А и Б – это простые вещества, состоящие из двухатомных молекул. А – легкий бесцветный горючий газ, Б – ядовитый агрессивный газ зеленого цвета;

- **В** – бесцветный газ, очень хорошо растворимый в воде с образованием раствора, окрашивающего лакмус в красный цвет;
- **Д** – аморфный осадок голубого цвета;
- **Е** – черный порошок, являющийся соединением металла с кислородом;
- **В, Г, Е и Ж** – бинарные (двухэлементные) соединения.

а) Установите формулы веществ **А-Ж**.

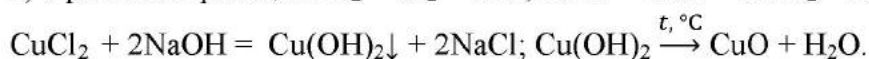
б) Приведите названия веществ **В-Ж** и укажите классы неорганических соединений, к которым они относятся.

в) Напишите уравнения представленных на схеме реакций.

Решение:

а)-б) **А** – H_2 , **Б** – Cl_2 , **В** – HCl (хлороводород, кислота), **Г** – $CuCl_2$ (хлорид меди(II), соль), **Д** – $Cu(OH)_2$ (гидроксид меди (II), основание), **Е** – CuO (оксид меди(II), основной оксид), **Ж** – H_2O (вода, оксид (либо амфотерное соединение)).

в) Уравнения реакций: $H_2 + Cl_2 = 2HCl$; $2HCl + CuO = CuCl_2 + H_2O$;



Система оценивания:

а) Формулы веществ по 1 б

всего $1*7 = 7$ баллов.

б) Названия веществ по 0,5 б, классы соединений по 0,5 б

всего $(0,5+0,5)*5 = 5$ баллов.

в) Уравнения реакций по 1 б

всего $1*4 = 4$ балла.

Итого 16 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 30 баллов).

3.1. На окисление 50 л смеси угарного и углекислого газов израсходовали 15 л кислорода.

а) Напишите уравнение реакции, проходящей при взаимодействии этой смеси с кислородом.

б) Вычислите объемные доли угарного и углекислого газов в этой смеси.

в) Рассчитайте массовую долю угарного и углекислого газов в этой смеси.

Решение:

По закону Авогадро, в равных объемах газов содержится одинаковое количество молекул, откуда следует, что для газов мольные и объемные доли совпадают.

а) Уравнение реакции: $2CO + O_2 = 2CO_2$.

б) На реакцию с 1 л кислорода требуется 2 л угарного газа, следовательно, в смеси содержалось 30 л CO . Значит объемная доля CO $\phi(CO) = 30/50 = 0,6$ или 60 %, $\phi(CO_2) = 0,4$ или 40 %.

в) По закону Авогадро, в равных объемах газов содержится одинаковое количество молекул, откуда следует, что для газов мольные и объемные доли совпадают.

Количество угарного газа в 1 моле смеси составит 0,6 моль, его масса $0,6*28 = 16,8$ г, количество углекислого газа в 1 моле смеси 0,4 моль, его масса $0,4*44 = 17,6$ г. Массовая доля CO $\omega_{CO} = 16,8/(16,8+17,6) = 0,49$ или 49 %, $\omega_{CO_2} = 17,6/(16,8+17,6) = 0,51$ или 51 %.

Система оценивания:

а) Уравнение реакции 1 б

всего 1 балл.

б) Объемные доли газов по 3 б

всего $3*2 = 6$ баллов.

в) Массовые доли газов по 3 б

всего $3*2 = 6$ баллов..

Итого 13 баллов

3.2. Латунь – двойной либо многокомпонентный сплав, известный человеку с древнейших времён. В XIX веке в Западной Европе этот сплав использовали как поддельное золото. В состав любой латуни обязательно входят широко используемые человеком металлы **А** и **Б**. Металл **А** в свободном виде имеет красный цвет, металл **Б** – серебристо-белый цвет с синеватым оттенком. Двухвалентный металл **Б** известен также тем, что он широко используется для защиты жестяных изделий (ведер, водосточных труб, водоотливов с

наружной стороны подоконников и т.п.) от коррозии. В лаборатории именно этот металл чаще всего используют для получения водорода в аппарате Киппа.

Навеску двухкомпонентной латуни массой 10 г обработали 50 мл соляной кислоты (плотность 1,043 г/мл, $\omega = 10\%$ масс.), в результате чего выделился газ объёмом 1,24 л (н. у.), образовался бесцветный раствор и осталась нерастворённая часть сплава.

Остаток поместили в 500 мл азотной кислоты ($\omega = 5\%$ (масс.), плотность 1,028 г/мл). В результате реакции образовался голубой раствор и выделился газ объёмом 1,493 л (н. у.).

а) Назовите металлы, входящие в состав сплава.

б) Напишите уравнения описанных реакций.

в) Рассчитайте массовые доли металлов **А** и **Б** в составе взятой навески. При расчёте используйте атомные массы металлов, округленные до целых чисел.

г) Вычислите точные массы бесцветного и голубого растворов и массовые доли солей в них.

Решение:

а) Металл **А** – медь; металл **Б** – цинк. Если цинк не очевиден, то на молярную массу металла **Б** можно выйти расчётом.

б) Уравнения реакций: $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$ (1);

$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$ (2).

в) По уравнению (1): $n(H_2) = 1,24/22,4 = 0,0554$ (моль), $n(Zn) = 0,0554$ (моль),
 $m(Zn) = 0,0554 \cdot 65 = 3,6$ г.

по уравнению (2): $n(NO) = 1,493/22,4 = 0,067$ (моль), $n(Cu) = 0,1$ (моль),
 $m(Cu) = 0,1 \cdot 64 = 6,4$ (г).

$\omega(Cu) = 64\%$; $\omega(Zn) = 36\%$.

г) По уравнению (1): $n(ZnCl_2) = 0,0554$ моль, $m(ZnCl_2) = 0,0554 \cdot 136 = 7,534$ (г).

$m(p\text{-ра}) = m(Zn) + m(p\text{-ра } HCl) - m(H_2) = 3,6 + 50 \cdot 1,043 - 0,0554 \cdot 2 = 55,64$ (г).

$\omega(ZnCl_2) = 7,534/55,64 = 0,135$ или **13,5%**.

По уравнению (2): $n(Cu(NO_3)_2) = 0,1$ моль, $m(Cu(NO_3)_2) = 0,1 \cdot 188 = 18,8$ (г).

$m(p\text{-ра}) = m(Cu) + m(p\text{-ра } HNO_3) - m(NO) = 6,4 + 500 \cdot 1,028 - 0,067 \cdot 30 = 518,4$ (г).

$\omega(Cu(NO_3)_2) = 18,8/518,4 = 0,0363$ или **3,63%**.

Система оценивания:

а) Названия или символы металлов по 1 б

всего $1 \cdot 2 = 2$ балла.

б) Уравнение реакции с HCl 1 б, с HNO₃ 2 б

всего $1+2 = 3$ балла.

в) Массовые доли металлов в сплаве по 2 б

всего $2 \cdot 2 = 4$ балла.

г) Точные массы растворов по 2 б (без учета водорода 1 б, без учета NO 0 б), массовые доли солей по 2 б

всего $2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 8$ баллов.

Итого 17 баллов