

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

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

Решения олимпиадных заданий по химии

9 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 ортоиодной ... **5**.
- 1.7. В оксиде бария химическая связь ... **ионная**, а в оксиде углерода(II) ... **ковалентная**.
- 1.8. При термическом разложении нитрата калия выделяется ... **кислород (или  $O_2$ )**, а в остатке остается ... **нитрит калия (или  $KNO_2$ )**.
- 1.9. Степени окисления серы в продуктах ее реакции с горячим раствором щелочи ... **-2** и ... **+4**.
- 1.10. При сплавлении карбоната натрия и оксида кремния выделяется ... **углекислый газ (или  $CO_2$ )**, а в остатке остается ... **силикат натрия (или  $Na_2SiO_3$ )**.

*Система оценивания:*

*Каждый правильный ответ по 1 б*

*всего  $1*2*10 = 20$  баллов.*

**Итого 20 баллов**

**Часть 2. Качественные задания (общая оценка 53 балла).**

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: сода каустическая, жидкое стекло, сода питьевая, ляпис, нашатырь, сильвин, мел, медный купорос, купоросное масло, нашатырный спирт. Помогите студентам организовать эксперимент.

а) Напишите формулы соединений, находящихся в склянках.

б) Напишите уравнения семи 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) Сода каустическая – NaOH, жидкое стекло –  $Na_2SiO_3$ , сода питьевая –  $NaHCO_3$ , ляпис –  $AgNO_3$ , нашатырь –  $NH_4Cl$ , сильвин - KCl, мел –  $CaCO_3$ , медный купорос –  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , купоросное масло –  $H_2SO_4$ , нашатырный спирт – водный раствор  $NH_3$  (принимается  $NH_4OH$  здесь и в уравнениях).

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

$2NaOH + 2AgNO_3 = Ag_2O \downarrow + H_2O + 2NaNO_3$ ;  $NaOH + NH_4Cl = NH_3 \uparrow + H_2O + NaCl$ ;

$2NaOH + CuSO_4 = Cu(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$ ;  $NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$ ;

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

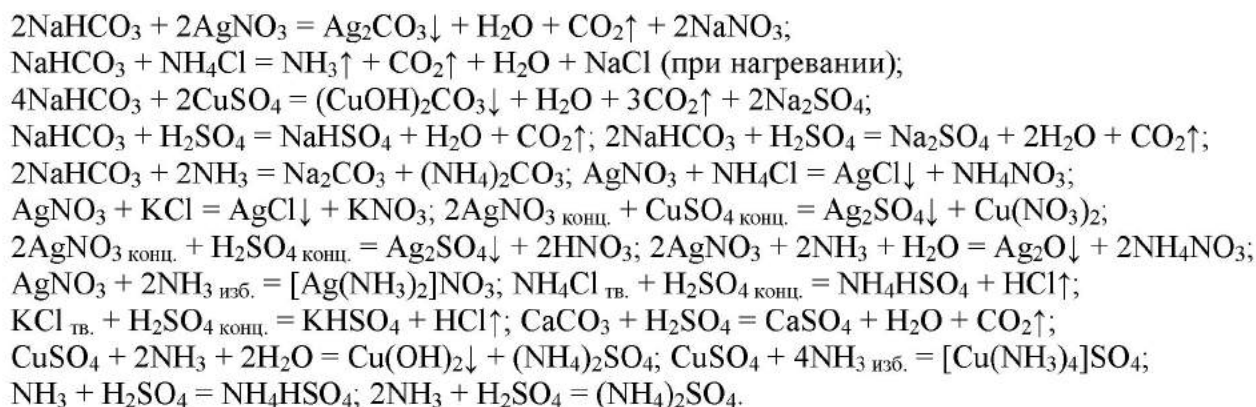
$Na_2SiO_3 + 2NaHCO_3 + (x-1)H_2O = 2Na_2CO_3 + SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$  (или  $H_2SiO_3$ );

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

$Na_2SiO_3 + 2NH_4Cl + (x-1)H_2O = 2NaCl + 2NH_3 \uparrow + SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$  (или  $H_2SiO_3$ );

$2Na_2SiO_3 + 2CuSO_4 + (x+1)H_2O = (CuOH)_2SiO_3 \downarrow$  (или  $Cu(OH)_2$ ) +  $SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$  (или  $H_2SiO_3$ ) +

$2Na_2SO_4$ ;  $Na_2SiO_3 + H_2SO_4 + (x-1)H_2O = SiO_2 \cdot xH_2O \downarrow$  (или  $H_2SiO_3$ ) +  $Na_2SO_4$ ;



**Система оценивания:**

а) Формулы по 1 б всего 1\*10 = 10 баллов.

б) Уравнения реакций по 1 б всего 1\*7 = 7 баллов.

Если школьник предложил более 7 уравнений, то оценке подлежат первые 7 в порядке упоминания, остальные не рассматриваются.

**Итого 17 баллов**

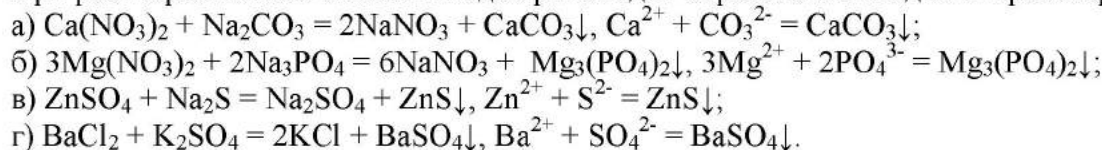
**2.2.** Школьнику выдали четыре пронумерованных стаканчика, содержащих смеси белых порошков солей: а)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4$ ; в)  $\text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$ ; г)  $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ . 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.

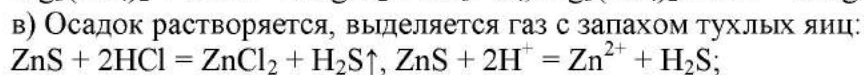
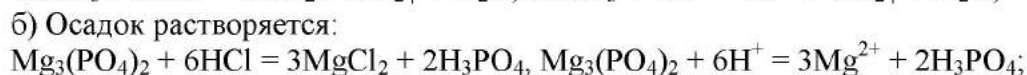
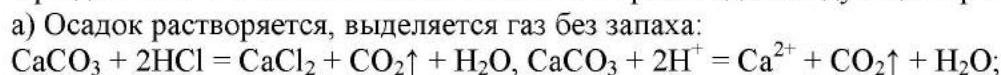
Напишите уравнения реакций, прошедших в стаканчиках и пробирках в результате проведенных школьником экспериментов. Используйте как молекулярную, так и сокращенную ионную форму записи и обязательно укажите внешние признаки реакций в пробирках, позволившие школьнику решить поставленную задачу.

**Решение:**

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



При добавлении соляной кислоты к смесям происходят следующие процессы:



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

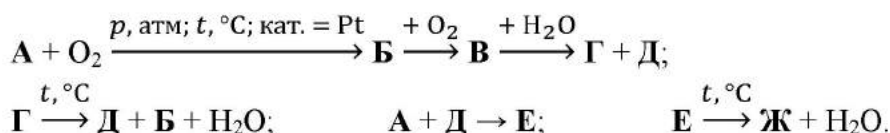
**Система оценивания:**

Уравнения реакций в молекулярной форме по 1 б, в ионной по 1 б всего (1+1)\*7 = 14 баллов.

Эффекты в реакциях с HCl и их отсутствие в г) по 1 б всего 1\*4 = 4 балла.

**Итого 18 баллов**

**2.3.** Вашему вниманию представлены схемы превращений неорганических соединений **А-Ж**, содержащих один и тот же элемент **Х**:



Дополнительно известно, что:

- Вещество **А** при нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с резким характерным запахом, очень хорошо растворимый в воде;
- Бинарные (двухэлементные) соединения **Б**, **В** и **Ж** имеют одинаковый качественный, но разный количественный состав; степень окисления **Х** в этих соединениях составляет +2, +4 и +1 соответственно;
- при взаимодействии веществ **А** и **Д** образуется химическая связь по донорно-акцепторному механизму, а продуктом их реакции являются бесцветные кристаллы соли **Е**.

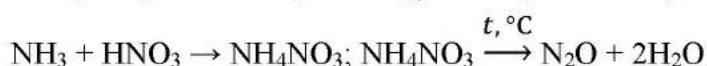
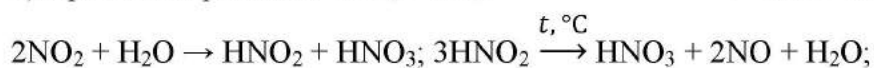
а) Установите формулы веществ **А-Ж**.

б) Напишите уравнения представленных на схемах реакций.

в) Расположите вещества **А**, **Г**, **Д**, **Е**, **H<sub>2</sub>O** в порядке возрастания кислотных свойств.

**Решение:** а) **А** –  $\text{NH}_3$ , **Б** –  $\text{NO}$ , **В** –  $\text{NO}_2$ , **Г** –  $\text{HNO}_2$ , **Д** –  $\text{HNO}_3$ , **Е** –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , **Ж** –  $\text{N}_2\text{O}$ .

б) Уравнения реакций:  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{p, \text{ атм}; t, \text{ }^\circ\text{C}; \text{ кат.} = \text{Pt}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ ;



в) Ряд по возрастанию кислотных свойств:

Вещество	$\text{NH}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{HNO}_2$	$\text{HNO}_3$
	(А)		(Е)	(Г)	(Д)
Пояснение, среда в водном р-ре	Основание, щелочная	Вода, нейтральная	Гидролиз по катиону, слабокислая	Кислота средней силы, кислая	Сильная кислота, сильноокислая

**Система оценивания:**

а) Формулы веществ по 1 б

всего  $1 \cdot 7 = 7$  баллов.

б) Уравнения реакций по 1 б

всего  $1 \cdot 6 = 6$  баллов.

в) Верное положение в ряду по 1 б

всего  $1 \cdot 5 = 5$  баллов.

(Для оценки этого пункта вычеркиваются вещества, занимающие неверное место в ряду, причем из разных вариантов выбирается правильный ряд максимальной возможной длины).

**Итого 18 баллов**

### Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 27 баллов).

**3.1.** Смесь угарного и углекислого газов имеет относительную плотность по водороду 20,4.

а) Вычислите объемную долю углекислого газа в этой смеси.

б) Рассчитайте массовую долю угарного газа в этой смеси.

в) Вычислите объем кислорода, который потребуется для полного окисления 50 л этой смеси.

**Решение:**

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

$$M_{\text{ср}} = D_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2} = 20,4 \cdot 2 = 40,8 \text{ г/моль.}$$

Пусть  $x$  и  $y$  – число молей  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в каком-то объеме смеси.

$$M_{\text{ср}} = \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2}{n_1 + n_2} = \frac{x \cdot 28 + y \cdot 44}{x + y} = 28 + \frac{16y}{x + y} = 40,8; \quad 16y = 12,8(x + y); \quad y = 4x.$$

$$\text{Мольная доля } \text{CO}_2 \quad x_{\text{CO}_2} = \phi_{\text{CO}_2} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{y}{x + y} = \frac{4x}{x + 4x} = \frac{4x}{5x} = 0,8 \text{ или } 80 \%. \quad x_{\text{CO}} = \phi_{\text{CO}} = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Возможно более простое решение.

$$28(1-x_{\text{CO}_2}) + 44x_{\text{CO}_2} = 40,8. \quad x_{\text{CO}_2} = 0,8 = \phi_{\text{CO}_2}. \quad x_{\text{CO}} = \phi_{\text{CO}} = 1-0,8 = 0,2.$$

б) Возьмем 1 моль смеси, который будет весить 40,8 г. Количество угарного газа в 1 моле смеси составит 0,2 моль, его масса  $0,2 \cdot 28 = 5,6$  г, массовая доля  $\omega_{\text{CO}} = 5,6/40,8 = 0,137$ .

в) Объем угарного газа в 50 л смеси составит  $0,2 \cdot 50 = 10$  л. В соответствии с уравнением реакции окисления  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ , для окисления 10 л CO потребуется  $10/2 = 5$  л  $\text{O}_2$ .

**Система оценивания:**

а) Объемная доля углекислого газа 5 б

всего 5 баллов.

б) Массовая доля угарного газа 4 б

всего 4 балла.

в) Уравнение реакции 1 б, объем кислорода 3 б

всего  $1+3 = 4$  балла.

**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.

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 расчете 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 расчетом.

б) Уравнения реакций:  $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$  (1);

$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$  (2).

в) По уравнению (1):  $n(\text{H}_2) = 1,24/22,4 = 0,0554$  (моль),  $n(\text{Zn}) = 0,0554$  (моль),  
 $m(\text{Zn}) = 0,0554 \cdot 65 = 3,6$  г.

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

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

г) По уравнению (1):  $n(\text{ZnCl}_2) = 0,0554$  моль,  $m(\text{ZnCl}_2) = 0,0554 \cdot 136 = 7,534$  (г).

$m(\text{р-ра}) = m(\text{Zn}) + m(\text{р-ра HCl}) - m(\text{H}_2) = 3,6 + 50 \cdot 1,043 - 0,0554 \cdot 2 = 55,64$  (г).

$\omega(\text{ZnCl}_2) = 7,534/55,64 = 0,135$  или **13,5%**.

По уравнению (2):  $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,1$  моль,  $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \cdot 188 = 18,8$  (г).

$m(\text{р-ра}) = m(\text{Cu}) + m(\text{р-ра HNO}_3) - m(\text{NO}) = 6,4 + 500 \cdot 1,028 - 0,067 \cdot 30 = 518,4$  (г).

$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 18,8/518,4 = 0,0363$  или **3,63%**.

**Система оценивания:**

а) Названия или символы металлов по 1 б

всего  $1 \cdot 2 = 2$  балла.

б) Уравнения реакций по 1 б

всего  $1 \cdot 2 = 2$  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 1 б

всего  $2 \cdot 2 + 1 \cdot 2 = 6$  баллов.

**Итого 14 баллов**