

Задания 91-ой Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии

Заключительный этап. Теоретический тур

9 класс

1. Даны три соли (**A**, **B**, **B**) состава $M_2S_2O_x$, где x – небольшие целые числа. Все эти соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. В анионе соли **A** присутствует связь S–S; в анионе соли **B** – фрагмент S–O–S, а в анионе соли **B** – связь O–O. Установите состав солей и определите, какие утверждения справедливы для каждой из них:

- Соль взаимодействует с горячей водой (в присутствии катализатора) с выделением газа (1);
- Соль реагирует с раствором соляной кислоты с выпадением осадка (2);
- Соль может быть получена анодным окислением гидросульфата (3);
- Соль образуется при термическом разложении гидросульфата (4);
- При добавлении к раствору соли сульфата марганца раствор приобретает розово-малиновую окраску (5);
- В водном растворе соли растворяется осадок бромида серебра (6);
- Соль взаимодействует с раствором хлорной воды (7);
- При нагревании соль разлагается с выделением SO_3 (8);
- При нагревании до $100\text{ }^\circ\text{C}$ разлагается с выделением газа и образованием одной из перечисленных солей (9);
- При нагревании выше $430\text{ }^\circ\text{C}$ разлагается с образованием сульфата и бинарной соли, содержащей 32.8% щелочного металла (10).

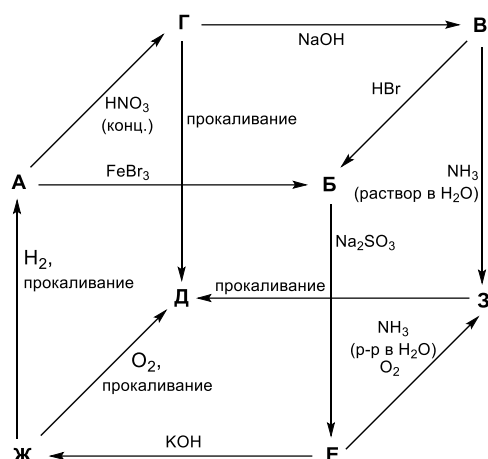
Составьте таблицу с формулами солей и указанием пунктов, характеризующих их свойства. Изобразите структурные формулы рассматриваемых солей. Напишите уравнения реакций, соответствующих утверждениям 1 – 10.

2. Металл **A** при нагревании реагирует с газом **B**, образуя соединение **AB₂**. Как исходный металл, так и вещество **AB₂** способны взаимодействовать с водой, при этом образуются одинаковые продукты. Металл **A** можно получить электролизом расплава его хлорида, при этом при пропускании через расплав количества электричества, составляющего $2.68\text{ А}\cdot\text{ч}$, на катоде выделяется 2.00 г металла (выход по току – 100%).

- 1) Определите вещества **A**, **B** и **AB₂**, напишите уравнения реакций.
- 2) Какое количество вещества электронов прошло через раствор в ходе электролиза?
- 3) Что изменится, если проводить электролиз не расплава, а раствора хлорида металла **A**? Ответ подтвердите уравнением реакции.

3. На приведённой ниже схеме представлены химические реакции соединений металла **А**. Известно, что вещество **Б** окрашено в чёрный цвет, а **Е** – белое. Водный раствор вещества **Б** в зависимости от концентрации может иметь черно-коричневую, зеленую или даже голубую окраску. Массовая доля элемента **А** в веществе **Г** составляет 26.29% (при расчётах учтите, что **Г** кристаллогидрат)

- 1) Определите все вещества **А – З**
- 2) Напишите все уравнения реакций
- 3) Чем обусловлена зависимость цвета раствора вещества **Б** от концентрации?

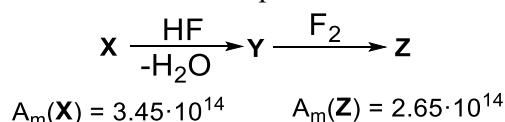


4. Лаборанту необходимо было проанализировать смесь металла **А**, оксида **В** и соли **С**. Он обработал небольшую навеску смеси водой и проделал с раствором качественные реакции. При внесении пробы раствора в пламя газовой горелки последнее окрасилось в красный цвет. При испытании растворами нитратов серебра, бария и кальция белый осадок выпал в двух последних случаях. На не растворившуюся в воде часть смеси он подействовал раствором каустической соды. Выделился газ **Д** легче воздуха, а в растворе образовалось несколько веществ. Одно из них, вещество **Е** содержит 57.58% элемента, название которого с латинского переводится как «земля». Металл **А**, содержащийся в смеси, до развития эффективного промышленного способа его получения ценился дороже золота. Далее 10.0 г смеси лаборант растворил в воде, отфильтровал остаток со дна, высушил его, взвесил. Масса осадка составила 6.3 г. Этот остаток он растворил в соляной кислоте, при 20 °С и 755 мм рт ст выделилось 309 мл газа. Содержание оставшегося компонента лаборант вычислил по разности.

- 1) Идентифицируйте вещества **А – Е**. Напишите уравнения протекающих реакций.
- 2) Определите количественный состав смеси в массовых долях (с точностью до целых).
- 3) При определении **Е** проанализируйте возможности образования по крайней мере четырёх возможных продуктов. Заключение сделайте на основании количественных данных задачи. Дайте название вещества **Е**.

5. Белое кристаллическое вещество **А**, раствор которого имеет рН больше 7, способно вступать в реакции с подкисленными растворами перманганата калия (*реакция 1*) и иодида калия (*реакция 2*). Оно взаимодействует и с другим белым кристаллическим веществом **Б**, характеристическими реакциями для которого являются реакция с раствором щелочи (*реакция 3*) и с раствором соли бария (*реакция 4*). Взаимодействие веществ **А** и **Б** (*реакция 5*) сопровождается выделением газа **В** без цвета, без запаха, плохо растворимого в воде. Определите вещества **А, Б, В**. Запишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте объем (в литрах) выделяющегося при 20 °С и давлении 1 атм по *реакции 5* газа при взаимодействии 42.5 г **А** и 33.0 г **Б**, считая реакцию протекающей без потерь.

6. Уран – пожалуй, один из наиболее известных тяжёлых радиоактивных элементов. Он нашёл применение в промышленности благодаря радиоактивности своих изотопов, наиболее распространённым из которых является ^{238}U . Данный элемент имеет разнообразную химию и способен образовывать соединения в разных степенях окисления. Так, одним из устойчивых оксидов урана является **Х**. Схема его превращения в вещество **З** представлена ниже.



При прокаливании **Х** на воздухе образуется оксид урана **О**, обладающий удельной активностью $A_m(\text{O}) = 3.32 \cdot 10^{14}$ Бк/г.

- А) Определите брутто-формулы соединений **Х, Y, Z** и **О**. Где возможно, ответ подтвердите расчётами.
- Б) Напишите уравнения описанных реакций.
- В) Для чего применяется соединение **З**?

Г) Определите тепловой эффект превращения **Y** в **Z** при 900 °С. Температурной зависимостью энтальпий образования пренебрегите. При расчётах предполагайте, что активность соединений A_m определяется исключительно изотопом ^{238}U , все значения брать с точностью 3 значащих цифр.

Справочные данные:

Закон радиоактивного распада: $A = \lambda \cdot N$, где A – активность в Бк (1 Бк = 1 распад в секунду), λ – постоянная распада, N – количество атомов радиоактивного изотопа. Постоянная распада ^{238}U равна $1,55 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$. $A_m = \frac{A}{m} \text{ Бк/г}$ – активность одного грамма вещества, содержащего радиоактивный изотоп.

Термодинамические характеристики веществ:

Вещество	$\Delta_f H^0$, кДж/моль	$T_{\text{плав}}$, К	$T_{\text{кип/субл}}$, К
$\text{F}_2(\text{г})$	0	53.48	85.04
Y (тв)	-1914.2	1309.15	1690.15
Y (г)	-1598.7		
Z (тв)	-2197.0	Сублимация при нормальном давлении	329.65
Z (г)	-2147.4		