

Всероссийская олимпиада школьников по химии

Муниципальный этап

2022 – 2023 уч. г.

7-8 класс

Решения и критерии оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1

1. $2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaNO}_3$
2. $\text{NaI} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{HI}\uparrow$
3. $3\text{FeS} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 3\text{SO}_2$
4. $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{D}_2\text{O} \rightarrow 3\text{LiOD} + \text{ND}_3$
5. $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$

Критерии оценивания:

1. Определение каждого пропущенного вещества по 2 балла

Итого

20 баллов

Задача 2

$$N_{\text{общ}}(\text{O}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 1 \text{ моль}$$

По формуле FeSO_4 :

$$v_1(\text{O}) = x$$

$$v_1(\text{S}) = v_1(\text{Fe}) = 0,25x$$

По формуле $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$v_2(\text{O}) = 1 - x$$

$$v_2(\text{S}) = 0,25 \cdot v_2(\text{O}) = 0,25(1 - x)$$

$$v_2(\text{Fe}) = \frac{1}{6} v_2(\text{O}) = 0,167(1 - x)$$

Составим уравнение, исходя из условия, что $v_{\text{общ}}(\text{Fe}) = 0,75 v_{\text{общ}}(\text{S})$:

$$0,25x + 0,167(1 - x) = 0,75(0,25(1 - x) + 0,167(1 - x))$$

$$x = 0,25$$

Следовательно:

$$v(\text{FeSO}_4) = \frac{1}{4} v_1(\text{O}) = 0,0625 \text{ моль}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = \nu(\text{FeSO}_4) \cdot M(\text{FeSO}_4) = 0,0625 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 9,5 \text{ г}$$

$$\nu(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{1}{12} \nu_2(\text{O}) = 0,0625 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = \nu(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) \cdot M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,0625 \text{ моль} \cdot 400 \text{ г/моль} = 25,0 \text{ г}$$

$$m_{\text{смеси}} = m(\text{FeSO}_4) + m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 9,5 \text{ г} + 25,0 \text{ г} = 34,5 \text{ г}$$

Критерии оценивания:

- | | |
|---|------------|
| 1. Формулы для расчёта количества серы и железа | по 4 балла |
| 2. Определение количеств сульфатов железа | по 4 балла |
| 3. Определение массы смеси | 4 балла |

Итого **20 баллов**

Задача 3

Исходя из представленного описания несложно определить вещество **В**: это очень сильная одноосновная кислота, которая реагирует с малоактивными металлами, с выделением бурого газа. Можно предположить, что **В** = **HNO₃**, тогда в растворе образуется нитрат меди **С** = **Cu(NO₃)₂** и выделяется бурый диоксид азота **Д** = **NO₂**.

Калиевая соль **А**, нагревание которой с серной кислотой приводит к выделению азотной кислоты, является нитратом калия **А** = **KNO₃**.

Диоксид азота **NO₂** является кислотным оксидом – его растворение в воде приводит к образованию смеси азотной и слабой азотистой кислот **Е** = **HNO₂**.

При взаимодействии диоксида азота с медью образуется нитрат меди и бесцветный монооксид азота **Ф** = **NO**, который на воздухе легко превращается в диоксид. Эта реакция лежит в основе метода получения безводных нитратов.

Уравнения *реакций 1-5*:

- 1) $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KHSO}_4 + \text{HNO}_3$
- 2) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
- 4) $\text{Cu} + 4\text{NO}_2 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}$
- 5) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$

Нитрат калия использовался в качестве удобрений и как компонент дымного пороха.

Критерии оценивания:

- | | |
|----------------------------|------------|
| 1. Определение веществ А-Ф | по 2 балла |
|----------------------------|------------|

2. Уравнения реакций 1-5 по 1 баллу

(Если уравнение написано верно, но коэффициенты неверны или отсутствуют, то выставляется 0.5 балла)

3. Применение нитрата калия по 1,5 балла

Итого 20 баллов

Задача 4

1. Согласно легенде, собаку Баскервилей обмазывали белым фосфором. Этот факт, а также выпадение желтого осадка при действии нитрата серебра, позволяет предположить наличие фосфат-иона в соединении. Пусть добавка содержит одновалентный металл, тогда:

$$\omega(O) = \frac{4 \cdot M(O)}{M(Me_3PO_4)} = \frac{4 \cdot 16 \text{ Г/МОЛЬ}}{3 \cdot M(Me) + 31 \cdot 16 \text{ Г/МОЛЬ} + 4 \cdot 16 \text{ Г/МОЛЬ}} = 0,302$$

Тогда:

$$M(Me) = 39 \text{ Г/МОЛЬ}$$

Следовательно, **Е-340 это K₃PO₄**

2. Тривиальное название чилийская селитра имеет нитрат натрия NaNO₃. Подтвердим этот факт расчетом:

$$\omega(O) = \frac{3 \cdot M(O)}{M(NaNO_3)} = \frac{3 \cdot 16 \text{ Г/МОЛЬ}}{85 \text{ Г/МОЛЬ}} = 0,565$$

Следовательно, **Е-251 это NaNO₃**.

3. Рассчитаем молярную массу неизвестного газа:

$$M(X) = D \cdot M(He) = 16 \cdot 4 \text{ Г/МОЛЬ} = 64 \text{ Г/МОЛЬ}$$

По описанию и молярной массе можно сделать вывод, что **Е-220 это SO₂**

4. Газ без цвета и запаха, который выделяется при добавлении кислоты, это углекислый газ. Окраска пламени в кирпично-красный цвет позволяет предположить наличие ионов кальция, что согласуется с фактом образования белого осадка при действии серной кислоты, ведь сульфат кальция нерастворим. Следовательно, **Е – 170 это CaCO₃**

5. Для создания краски белого цвета широко используются титановые белила, формула вещества TiO₂

Подтвердим этот факт расчетом:

$$\omega(O) = \frac{2 \cdot M(O)}{M(TiO_2)} = \frac{2 \cdot 16 \text{ Г/МОЛЬ}}{80 \text{ Г/МОЛЬ}} = 0,4$$

Следовательно, **Е – 171 это TiO₂**

6. Третьим по распространенности элементом является алюминий. На это же указывает описание его химических свойств.

Следовательно, **Е – 173 это Al**

Уравнения реакций:

- 1) $K_3PO_4 + 3AgNO_3 = 3KNO_3 + Ag_3PO_4$
- 2) $2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$
- 3) $CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O$
- 4) $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

Критерии оценивания:

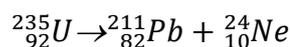
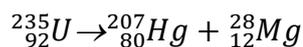
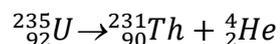
1. Определение формул пищевых добавок по 2 балла
2. Написание уравнений реакций по 2 балла

(Если уравнение написано верно, но коэффициенты неверны или отсутствуют, то выставляется 1 балл)

Итого 20 баллов

Задача 5

Уравнения ядерных реакций:



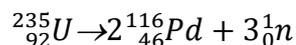
Расчёт числа нейтронов:

$$N(n^0)_{Th} = 231 - 90 = 141;$$

$$N(n^0)_{Hg} = 207 - 80 = 127;$$

$$N(n^0)_{Pb} = 211 - 82 = 129;$$

Уравнение спонтанного деления:



$$N(n^0)_{Pd} = 116 - 46 = 70.$$

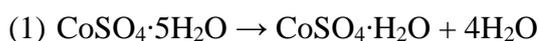
Критерии оценивания:

1. Уравнения ядерных реакций	по 3 баллов
2. Расчет числа нейтронов	по 2 балла
Итого	20 баллов

Задача 6

На диаграмме термогравиметрического анализа можно заметить 3 плато, соответствующих образованию различных продуктов при последовательном разложении изначальной соли: **A** (150-240°C), **B** (330-720°C) и **C** (> 930°C).

Известно, что сульфаты большинства металлов обладают высокой устойчивостью к нагреванию и разлагаются при достаточно высоких температурах, поэтому можно сказать, что первые две стадии разложения соответствуют потере всей кристаллизационной воды. Можно заметить, что на первой стадии потеря массы составляет приблизительно в 4 раза больше, чем на второй (29,4% против 7,35%), что означает, что на первой стадии удаляются 4 молекулы воды, а на второй – одна:



Логично предположить, что конечным продуктом разложения соли является некоторый оксид кобальта, состав которого определим из данных термогравиметрического анализа:

$$M(\text{CoO}_x) = 0,3278 \cdot M(\text{CoSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 80,3 \text{ г/моль}$$

$$x = \frac{M(\text{CoO}_x) - M(\text{Co})}{M(\text{O})} = \frac{80,3 - 58,9}{16} = 1,337 \approx \frac{4}{3}$$

Таким образом, на финальной стадии происходит разложение сульфата кобальта до Co_3O_4 .

Уравнение реакции:



При температурах выше 1200°C происходит разложение смешанного оксида кобальта Co_3O_4 до монооксида CoO .

Критерии оценивания:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Обоснование количества стадий разложения исходной соли | 3 балла |
| 2. Подтверждение расчётами состава продукта разложения на каждой стадии | по 4 балла |
| 3. Уравнения 3 стадий разложения
(Если уравнение написано верно, но коэффициенты неверны или отсутствуют, то выставляется 0.5 балла) | по 1 баллу |
| 4. Идея о конечном продукте разложения соли при 1200°C | 2 балла |
| Итого | 20 баллов |