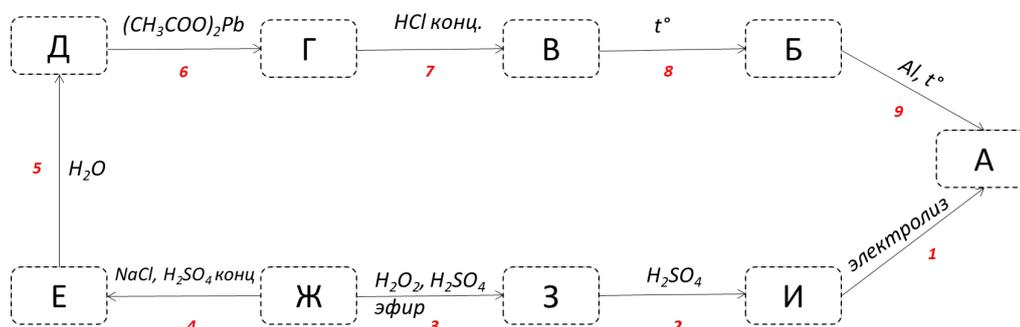


9 класс
Вариант 1

Задание 9-1



Вам представлена схема превращения неорганических веществ **А-И**, содержащих в своем составе неизвестный элемент **А**, в атоме которого в основном состоянии содержится шесть неспаренных электронов. **А** – простое вещество, образованное элементом **А**, было открыто французским химиком Луи-Николя Вокленом в 1797 году. Вещества **Б** и **В** – оксиды элемента **А**. **Б** – твердый тугоплавкий порошок зеленого цвета, нерастворимый в воде. **В** – темно-красные кристаллы хорошо растворимые в воде с образованием вещества **Д**. Вещества **Г**, **Ж**, **И** – соли элемента **А**. **Г** – нерастворимая в воде соль, в природе встречается в виде минерала элемента **А**, из которой он был впервые получен. **Е** – жидкость темно-красного цвета, во влажном воздухе дымится в следствие гидролиза, в результате чего образуется вещество **Д**. Массовая доля элемента **А** в веществе **Е** составляет 33,53 %. Впервые **Е** было получено Берцеллиусом при взаимодействии концентрированной серной кислоты со смесью хлорида натрия и вещества **Ж**. **З** – бинарное вещество синего цвета, существует только в растворах, используется в аналитической химии для качественного определения перекиси водорода, сильный окислитель. Массовая доля элемента **А** в соединении **З** составляет 39,39 %. Реакция **З** с разбавленной серной кислотой протекает с образованием соли **И** и выделением газа без цвета и запаха.

1. Установите формулы веществ **А-И**.
2. Напишите уравнения приведенных на схеме реакций (1-9).
3. Составьте структурную формулу соединения **З** и укажите степень окисления элемента **А**.

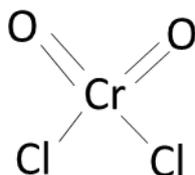
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
Cr	Cr ₂ O ₃	CrO ₃	PbCrO ₄	H ₂ CrO ₄	CrO ₂ Cl ₂	K ₂ Cr ₂ O ₇	CrO ₅	Cr ₂ (SO ₄) ₃

Уравнения реакций:

- 1) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr} + \text{H}_2 + 2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$
- 2) $4\text{CrO}_5 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CrO}_5 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$
- 4) $4\text{NaCl} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
- 5) $\text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CrO}_4 + 2\text{HCl}$
- 6) $\text{H}_2\text{CrO}_4 + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \rightarrow \text{PbCrO}_4 + 2\text{CH}_3\text{COOH}$
- 7) $\text{PbCrO}_4 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CrO}_3 + \text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

- 8) $2\text{CrO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{O}_2$
 9) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$

Структурная формула **Е** - CrO_2Cl_2



Критерии оценивания:

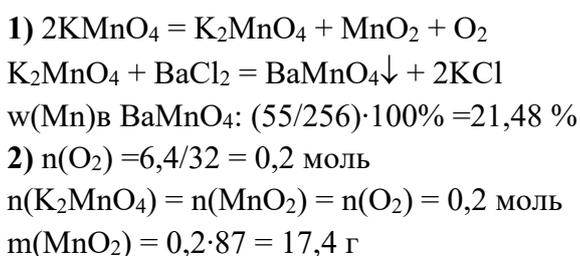
- Верно определены формулы веществ **А-И** – по **1 баллу** за каждое вещество
 Верно определены формулы веществ **З** и **Е**, подтвержденные расчетом – по 1,5 балла за каждое вещество
- Верно написаны уравнения реакций 1-9 - **1 балл** за каждое уравнение реакции
- Верно составлена структурная формула соединения **Е** и определена степень окисления элемента **А** – **1 балл**

Задание 9-2

В тигель поместили 75 г перманганата калия и нагрели. В процессе нагревания произошло частичное разложение перманганата калия, и масса содержимого тигля уменьшилась на 6,4 г. К содержимому тигля добавили 300 мл воды, перемешали и отделили нерастворившийся осадок от раствора. При добавлении к полученному раствору 200 г 30%-ного раствора хлорида бария образовался осадок.

- Напишите уравнения проведенных реакций.
- Вычислите массу осадка, образовавшегося в последней реакции.
- Рассчитайте массовую долю (%) катионов бария в конечном растворе.
- Смесь перманганата калия с серой и углем может взрываться: напишите уравнение реакции при взрыве смеси. При взаимодействии перманганата калия с концентрированным раствором гидроксида натрия происходит реакция, в которой образуются две соли: напишите ее уравнение.

Решение:



$n(\text{BaCl}_2_{\text{исходн.}}) = 0,3 \cdot 200/208 = 0,288$ моль -избыток

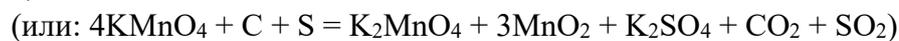
$m(\text{BaMnO}_4) = 0,2 \cdot 256 = 51,2$ г

3) $n(\text{Ba}^{2+}_{\text{остаток.}}) = n(\text{BaCl}_2_{\text{остаток.}}) = 0,288 - 0,2 = 0,088$ моль

$$m(\text{Ba}^{2+}_{\text{остаток}}) = 0,088 \cdot 137 = 12,06 \text{ г}$$

$$m(\text{конечн. р-ра.}) = m(\text{KMnO}_4 \text{ исходн}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{O}_2 \uparrow) - m(\text{MnO}_2 \downarrow) + m(\text{р-ра. BaCl}_2) - m(\text{BaMnO}_4 \downarrow) = 75 + 200 - 6,4 - 17,4 + 300 - 51,2 = 500 \text{ г}$$

$$w(\text{Ba}^{2+}_{\text{остаток}}) = (12,06/500) \cdot 100\% = 2,41 \%$$



Критерии оценивания:

1. За уравнения по **2 балла**.

Вычисление массовой доли марганца **2 балла**.

2. Вычисление массы оксида марганца - **2 балла**;

Вычисление массы манганата бария - **2 балла**;

3. Вычисление $n(\text{BaMnO}_4)$, - **1 балл**;

Вычисление массы Ba^{2+} оставшегося в растворе – **1 балл**;

Вычисление массы раствора - **2 балла**;

Расчет массовой доли ионов бария - **2 балла**.

4. За уравнения по **2 балла**.

Задание 9-3

При приготовлении питательной среды для микроорганизмов в качестве супплементы (добавки) используют теллуриды калия. Для приготовления раствора навеску теллуриды калия массой 33 мг добавили к 500 мл воды. При этом наблюдали изменение pH раствора (изменением объема пренебречь).

1. Напишите в ионной и молекулярной форме уравнения гидролиза соли.
2. Рассчитайте степень гидролиза соли и pH полученного раствора, если константы диссоциации теллуристой кислоты имеют значения:
 $\text{H}_2\text{TeO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HTeO}_3^-, K_{1д} = 3 \cdot 10^{-3}$
 $\text{HTeO}_3^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{TeO}_3^{2-}, K_{2д} = 2 \cdot 10^{-8}$
 Ответ дать с точностью до сотых.
3. Определите концентрацию гидроксид-ионов в растворе.

Решение



$$M(\text{K}_2\text{TeO}_3) = 254 \text{ г/моль}; c = 2 \cdot 0,033/254 = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

$$K_{\text{гидр}} = 10^{-14}/2 \cdot 10^{-8} = 0,5 \cdot 10^{-6}$$

$$h = \sqrt{0,5 \cdot 10^{-6}/2,6 \cdot 10^{-4}} = 0,044 \text{ (4.38\%)}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,044 \cdot 2,6 \cdot 10^{-4} = 0,11 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$\text{pOH} = 4,94$$

$$\text{pH} = 9,06$$

Критерии оценивания:

1. Уравнения гидролиза в молекулярной и ионной форме – **4 балла.**
2. Степень гидролиза соли – **4 балла.**
3. Константа гидролиза соли – **4 балла**
4. Величина pH – **4 балла.**
5. Концентрация OH⁻, моль/л – **4 балла.**

Задание 9-4

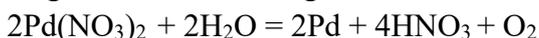
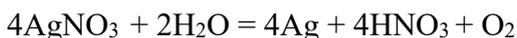
Раствор объемом 600 мл, содержащий нитрат палладия(II), нитрат серебра и азотную кислоту, подвергли электролизу в течение 6 часов и 20 минут с силой тока 1,25 А. Процесс остановили, когда в растворе не осталось катионов металлов. После отключения внешнего источника питания на катоде образовалось 26,9 г осадка.

1. Запишите уравнения электролиза солей.
2. Рассчитайте молярные концентрации нитрата палладия(II) и нитрата серебра в исходном растворе. Значение постоянной Фарадея примите равным 96500 Кл/моль.
3. Используя приведенный электрохимический ряд напряжений металлов, определите, какой металл в первую очередь восстанавливался при электролизе. Рассчитайте время, в течение которого он полностью восстановился.

Электрохимический ряд напряжений металлов

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Cr	Fe	Cd	Pb	H	Sb	Bi	Cu	Ag	Hg	Pd	Pt	Au
----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----

Решение:



$$n(e) = I \cdot t / F = 1,25 \cdot 22800 / 96500 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\text{Пусть } n(\text{AgClO}_3) = x \text{ моль, а } n(\text{Pd}(\text{NO}_3)_2) = y \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } n(e \text{ в реакции 1}) = x \text{ моль, а } n(e \text{ в реакции 2}) = 2y \text{ моль}$$

$$m(\text{Ag}) = 108x \text{ г.}, m(\text{Pd}) = 106y \text{ г.}$$

Составим систему

$$x + 2y = 0,3$$

$$108x + 106y = 26,9$$

$$X = 0,2$$

$$Y = 0,05$$

$$C(\text{AgClO}_3) = 0,2 / 0,6 = 0,33 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{Pd}(\text{NO}_3)_2) = 0,05 / 0,6 = 0,083 \text{ моль/л}$$

$$t = F \cdot n \cdot z / I = 96500 \cdot 0,05 \cdot 2 / 1,25 = 7720 \text{ с } \text{Pd}(\text{NO}_3)_2$$

Критерии оценивания:

1. За написание уравнения электролиза каждой соли – по **1,5 балла.**

2. За нахождение количества моль электронов – **4 балла**.
За составление системы уравнений – **3 балла**. Если верно решена, то + **1 балл**.
За расчет молярной концентрации каждой соли – **по 2 балла**.
3. За правильное определение металла – **2 балла**.
За правильно рассчитанное время - **3 балла**.

Задание 9-5

Эффективным методом определения возраста останков животных и растений является радиоуглеродный анализ, основанный на определении содержания в них изотопа углерода-14, единственного из радиоактивных изотопов углерода, который имеется в природе. Он постоянно образуется в верхних слоях атмосферы при бомбардировке атомов азота нейтронами космических лучей по реакции: ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$. Данный изотоп самопроизвольно подвергается β -распаду и его содержание в природе остается примерно постоянным. Содержание изотопа углерода-14 в живых организмах такое же, как в воздухе, поскольку они постоянно обмениваются атомами углерода с окружающей средой, как, например, это делают растения в процессе фотосинтеза. После гибели живого организма такой обмен прекращается, и содержание изотопа углерода-14 медленно убывает: период полураспада $T_{1/2}$, то есть время, в течение которого распадается половина всех имеющихся атомов, равен 5730 лет. Датирование основано на сравнении содержания углерода-14 в исследуемом образце останков с фоновым содержанием данного изотопа в природе.

Несколько лет назад ученые провели детальное исследование костных окаменелостей, найденных в пещере под названием Ильзенхеле в Германии. Им удалось установить, что останки принадлежат *Homo sapiens*, а радиоуглеродный анализ позволил изменить представления о появлении данного вида на территории Европы. Результаты радиоуглеродного анализа: на 0,12 г углерода в исследуемом образце приходится $2,35 \cdot 10^7$ атомов углерода-14.

1. Рассчитайте, во сколько раз уменьшилось содержание углерода-14, если фоновое содержание этого изотопа в природе составляет 10^{-12} моль на 1 моль атомов углерода.
2. Используя значение периода полураспада, вычислите возраст найденных останков.

Решение:

Число молей углерода $0,12/12 = 10^{-2}$ моль.

Если бы сохранялось исходное содержание, то было бы 10^{-14} моль радиоактивного изотопа, и это

$6,02 \cdot 10^9$ атомов

У нас $2,35 \cdot 10^7$

Уменьшилось в $6,02 \cdot 10^9 / 2,35 \cdot 10^7 = 256,2$ раза. 256 раз это 2^8 .

Период: $8 \cdot 5730 = 45840$;

45840 лет

Критерии оценивания:

1. За расчет во сколько раз уменьшилось содержание углерода-14 – 8 баллов
2. За расчет возраста - 12 баллов



ОТКРЫТАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА
заключительный этап

09.02.2025 г.