

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2025 -2026 учебный год
11 класс
Максимальный балл – 100 баллов**

Задание 11-1

Молярная масса органического соединения Г, не имеющего ни оптических, ни геометрических изомеров и не содержащего четвертичного атома углерода, равна 100 г/моль. В результате полного сгорания 100 мг этого соединения образуется 372 мг смеси, состоящей только из углекислого газа и воды. Продукт реакции окисления соединения Г с помощью бихромата калия в мягких условиях представляет собой соединение Д с молярной массой 98 г/моль. Соединение Г не реагирует с раствором брома в тетрахлориде углерода.

Вопросы

1. Найти молекулярную формулу соединения Г.
2. Указать функциональные группы, присутствующие в соединениях Г и Д, привести необходимые пояснения. Написать структурные формулы соединений Г и Д.
3. Написать реакцию окисления соединения Г бихроматом калия в кислой среде. Написать 3 реакции, характерные для соединения Г.

Задание 11-2 (максимум 20 баллов)

Простое вещество А впервые было получено в 1825 году Гансом Эрстедом, который пропускал хлор через раскалённую смесь оксида А с углём, а образовавшиеся кристаллы нагревал с амальгамой калия. В 1855 г. французский химик Анри Этьенн Сент-Клер Девиль разработал первый промышленный способ получения А, основанный на взаимодействии натриевой соли его тетрахлорокомплекса с металлическим натрием. Но уже в 1886 г американцем Чарльзом Холлом и французом Полем Эру независимо друг от друга были разработаны основы метода, с помощью которого это вещество получают в промышленности до сих пор!

Простое вещество А – лёгкий, серебристо-белый металл, обладающий высокой тепло- и электропроводностью, легко поддающийся формовке, литью, механической обработке. При нормальных условиях стоек по отношению к коррозии и к действию концентрированных азотной и серной кислот, но легко растворяется в этих кислотах при нагревании или разбавлении их водой. Продукты взаимодействия А с серой и углеродом (эти реакции идут при нагревании) взаимодействуют с водой с образованием студенистого белого осадка и газов.

Металл А взаимодействует и со щелочами. В ходе проведённых в лаборатории экспериментов обнаружено, что растворение 0,675 г металла А в 20 г 10% раствора гидроксида натрия привело к выделению 0,840 л газа в пересчёте на н. у. После растворения металла А в щелочи раствор охладили до 0⁰С и пропустили через него избыток углекислого газа. Выпал осадок, который отфильтровали и спекали при 1100⁰С.

Вопросы:

1. Установите металл А. Воспользовавшись данными по растворению металла в растворе щёлочи, подтвердите ответ расчётом.
2. Напишите уравнения реакций получения металла А, проведённых Эрстедом и Девилом и метода, предложенного Холлом и Эру, а также реакции металла со щёлочью.

3. Напишите уравнения реакций, которыми охарактеризованы химические свойства А и его соединений в условии. Всего 8 реакций.

4. Напишите уравнения реакций экспериментов с металлом А (3 реакции) и определите качественный и количественный состав осадков:

1) выпавшего после пропускания через раствор углекислого газа и охлаждения раствора (растворимость гидрокарбоната натрия при 0°C – 6,9 г на 100 г воды);

2) оставшегося после спекания.

5. Напишите уравнения реакций, описывающие изменения, которые происходили с веществами, составляющими осадок, при постепенном прокаливании (4 уравнения).

Задание 11-3

Карбонилы металлов — это координационные комплексы переходных металлов с оксидом углерода (II) в качестве лигандов. Они представляют собой ядовитые летучие вещества, широко используемые в качестве катализаторов для различных химических реакций, для получения прекурсоров, для синтеза металлоорганических соединений, а также для производства высокочистых металлов (процесс Монда).

Высокоактивными химическими соединениями являются фториды ксенона. В химическом синтезе они функционируют в роли эффективных окислителей.

Вопросы

Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Укажите вещество-окислитель и вещество-восстановитель в каждом уравнении реакции:

1. $[\text{Co}_2(\text{CO})_8] + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) = \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_3(\text{CO})] + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni}(\text{CO})_4 + \text{HCN} + \text{CO}_2 + \text{KCN}$
3. $[\text{Fe}(\text{CO})_5] + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{CO}$
4. $[\text{Fe}(\text{CO})_5] + \text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$
5. $[\text{Fe}(\text{CO})_5] + \text{HI}_{(\text{конц.})} = \text{FeI}_2 + \text{H}_2 + \text{CO}$
6. $[\text{Fe}(\text{CO})_5] + \text{H}_2\text{O} = \text{FeO}(\text{OH}) + \text{H}_2 + \text{CO}$
7. $[\text{Co}_2(\text{CO})_8] + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) = \text{CoSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{XeF}_6 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}_2\text{XeO}_6 + \text{Xe} + \text{BaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Примечание. Заряд молекулы оксида углерода (II) равен нулю, как в свободном виде, так и в составе карбонильных соединений.

Задание 11- 4 (максимум 20 баллов)

1. Определить pH 1 %-ного (по массе) раствора уксусной кислоты ($\rho_{\text{р-ра}} = 1,0055 \text{ г/см}^3$).

2. Вычислить, каким объемом воды нужно разбавить 1 л данного раствора для получения раствора, pH которого равен 3 (плотность раствора не изменяется).

3. Определить степень диссоциации уксусной кислоты в обоих растворах.

4. Найти массу и объем 70% раствора уксусной кислоты (пл. = 1,069 г/мл), которую нужно добавить к разбавленному раствору, чтобы его массовая доля стала такой же, какой была до разбавления?

Примечание

1. Изменение концентрации кислоты в процессе диссоциации можно не учитывать.

2. Константа диссоциации уксусной кислоты $K_d = 1,75 \cdot 10^{-5}$.

3. Степень диссоциации раствора можно найти по закону разведения Оствальда:

$$K_d = \frac{\alpha^2 \cdot C_{\text{к-ты}}}{1 - \alpha}$$

Для растворов слабых электролитов выражение упрощается:

$$K_d = \alpha^2 \cdot C_{\text{к-ты}}, \text{ где } \alpha - \text{степень диссоциации}$$

Задание 11-5 (мысленный эксперимент)

В химической лаборатории в вытяжном шкафу обнаружили 5 колб без подписей. Для идентификации содержимого колб использовали следующие вещества: свежеприготовленный $\text{Cu}(\text{OH})_2$; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$; медная проволока, покрытая CuO ; K_2CO_3 . В таблице приведены результаты взаимодействия данных веществ с содержимым колб.

	1	2	3	4	5
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	-	Ярко-синий раствор	Красный осадок	Голубой раствор	Красный осадок Выделение газа
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$	-	-	Осаждение металла Выделение газа	-	Осаждение металла Выделение газа
CuO	Окраска оксида медной проволоки меняется с чёрной на красную	-	-	Голубой раствор	Голубой раствор
K_2CO_3	-	-	-	Выделение газа	Выделение газа

Вопросы

- 1) Предположите, к каким классам органических соединений относятся вещества в колбах 1 – 5. Укажите, для какого вещества можно дать конкретное название.
- 2) Запишите химические реакции, которые протекают с содержимым колб 1 – 5 (на примерах представителей вышеперечисленных классов органических соединений).