

## 11 класс

## Задача 1. Четыре соли

Бесцветные соли **А–Г** растворимы в воде и окрашивают пламя спиртовки в фиолетовый цвет. Для установления состава солей **А–Г** исследовали их термическую устойчивость и отношение к действию раствора соляной кислоты. Результаты экспериментов приведены в таблице:

Соль	Действие раствора HCl	Нагревание твердой соли
<b>А</b>	Выделился бесцветный газ <b>Д</b> (реакция 1), вызывающий помутнение известковой воды (реакция 2)	Устойчива к прокаливанию
<b>Б</b>	Видимых изменений не наблюдалось	При быстром нагревании до 400°C над щелочным катализатором превращается в соль <b>В</b> , выделяя легкий горючий газ <b>Е</b> (реакция 3)
<b>В</b>	Видимых изменений не наблюдалось	При нагревании до 450°C превращается в соль <b>А</b> , выделяя газ <b>Ж</b> (реакция 4)
<b>Г</b>	Выделился газ <b>Д</b> (реакция 5)	При нагревании до 80°C разлагается с выделением газа <b>Д</b> и образованием соли <b>А</b> (реакция 6)

Дополнительно известно, что:

- все соли содержат три общих элемента;
- газы **Д** и **Ж** имеют одинаковый качественный состав;
- при окислении бутадиена-1,3 перманганатом калия в сильнощелочном растворе образуются соли **А** и **В** (реакция 7).

1. На основании проведенных экспериментов определите формулы солей **А–Г**, приведите их названия. Установите формулы газов **Д–Ж**, ответ аргументируйте.

2. Напишите уравнения реакций 1–7, для реакции 5 запишите полное и сокращенное ионные уравнения.

## Задача 2. Цветные окислители

Соли **А–В** имеют состав  $K_2EO_4$ , проявляют выраженные окислительные свойства, хорошо растворимы в воде с образованием окрашенных растворов, но устойчивы только в щелочной среде. Известно, что:

- элементы **Х–Z**, входящие в состав солей **А–В**, являются ближайшими соседями в Периодической системе химических элементов;
- желтый раствор соли **А** при добавлении серной кислоты становится оранжевым вследствие образования соли **А<sub>1</sub>** (реакция 1);
- красно-фиолетовый раствор соли **Б** при добавлении серной кислоты обесцвечивается, а из раствора выделяется бесцветный газ **Г<sub>1</sub>** (реакция 2);
- изумрудно-зеленый раствор соли **В** при добавлении серной кислоты становится фиолетовым вследствие образования соли **В<sub>1</sub>**, а на дне сосуда выпадает бурый осадок **В<sub>2</sub>** (реакция 3);

– если в растворы солей **A–B** внести концентрированную соляную кислоту, то во всех случаях наблюдается выделение ядовитого желто-зеленого газа **Г<sub>2</sub>** (реакции 4–6), при этом раствор соли **A** зеленеет, а растворы солей **B** и **B** обесцвечиваются;

– плотность газа **Г<sub>2</sub>** по газу **Г<sub>1</sub>** равна 2.219.

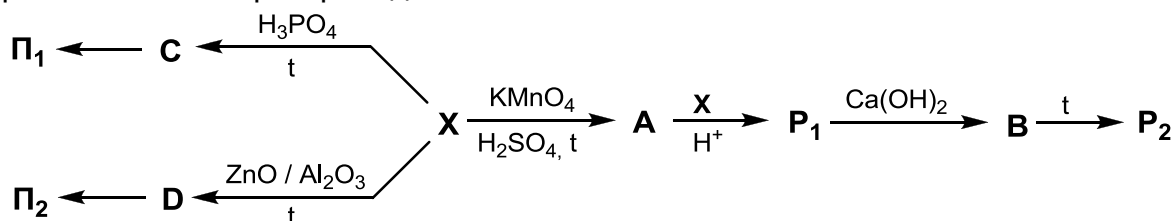
1. Определите элементы **X–Z**, запишите формулы солей **A–B**. Установите газы **Г<sub>1</sub>** и **Г<sub>2</sub>**, вещества **A<sub>1</sub>**, **B<sub>1</sub>**, **B<sub>2</sub>**, ответ аргументируйте.

2. Запишите уравнения реакций 1–6, для реакции 2 запишите схему электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель.

3. Образец соли **B** массой по 50 г прореагировал с избытком концентрированной соляной кислоты. Рассчитайте объем выделившегося хлора при н.у.

### Задача 3. Растворители и полимеры

Органическое вещество **X** является удобным предшественником для синтеза распространенных растворителей **P<sub>1</sub>** и **P<sub>2</sub>** и полимеров **П<sub>1</sub>** и **П<sub>2</sub>**. При сгорании навески **X** массой 2.3 г образуются 2.24 л (н.у.) углекислого газа и 2.7 г воды. Превращения **X** в указанные растворители и полимеры приведены на схеме:



1. Выведите брутто-формулу вещества **X** по данным о продуктах сгорания. Приведите его структурную формулу и название.

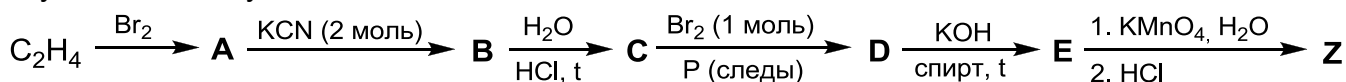
2. Установите строение веществ **A–D**, растворителей **P<sub>1</sub>** и **P<sub>2</sub>**, полимеров **П<sub>1</sub>** и **П<sub>2</sub>**, приведите их структурные формулы и названия.

3. Приведите полные уравнения всех реакций, отраженных на схеме (кроме реакций образования полимеров).

4. Приведите по одной области применения описанных растворителей и полимеров.

### Задача 4. Винная кислота и камни

При получении и хранении вина на стенках сосуда иногда выпадает осадок, который называют «винный камень». Основным компонентом этого осадка являются соли винной кислоты **Z**, из которых ее выделяют в промышленном масштабе. Кислоту **Z** также можно получить по следующей схеме:



1. Расшифруйте схему превращений: изобразите структурные формулы веществ **A–E** и **Z**, запишите полные уравнения всех реакций (7 уравнений), используя структурные формулы органических веществ.

2. Если в раствор кислой калиевой соли кислоты **Z** внести оксид **Y**, содержащий 83.56 мас.% элемента **X**, то образуется соединение  $\text{K}_2\text{X}_2\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_{12}$ , которое ранее использовалось в медицине под названием «рвотный камень». Установите элемент **X** и формулу оксида **Y**, а также брутто-формулу кислой калиевой соли кислоты **Z**.

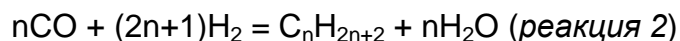
3. Рвотный камень выпадает из раствора в виде кристаллогидрата **Q**, который при нагревании до 100°C полностью обезвоживается, теряя 8.08% массы. Установите состав кристаллогидрата **Q**, ответ подтвердите расчетом.

4. Рассчитайте массу кристаллогидрата **Q**, которую можно получить из 14.6 г оксида **Y**.

### Задача 5. Процесс Фишера-Тропша

Около 100 лет назад в Германии, богатой углем, но не имеющей значительных запасов нефти, Ф. Фишером и Х. Тропшем был разработан метод получения жидкого топлива из синтез-газа – так называемая технология GTL (*gas-to-liquid*). Постепенно предложенная технология усовершенствовалась, и уже в 1935 году был запущен первый промышленный реактор, позволяющий получать синтетический бензин из угля.

На первой стадии процесса Фишера-Тропша перегретый водяной пар продувают над раскаленным углем (*реакция 1*), в результате чего получают синтез-газ, который затем пропускают над катализатором при температуре 190–240°C и давлении 20–30 атм. В качестве катализаторов чаще всего используют железо или кобальт. При этом протекает процесс, описываемый уравнением:



Более дешевой катализатор на основе железа имеет существенный недостаток – при его использовании протекает побочный процесс взаимодействия угарного газа с водяным паром (*реакция 3*), что приводит к установлению равновесия и снижению выхода углеводородов.

1. Запишите уравнение *реакции 1* и рассчитайте ее тепловой эффект, если теплоты образования угарного газа и газообразной воды составляют 110.5 и 241.8 кДж/моль соответственно.

2. Запишите уравнение *реакции 2* на примере образования гептана. Рассчитайте, какое количество теплоты (ГДж) выделится при сгорании гептана объемом 15 м<sup>3</sup>, если известно, что его теплота сгорания составляет 4817 кДж/моль, плотность гептана – 580 кг/м<sup>3</sup>. Какой объем воздуха (м<sup>3</sup> при н.у.) потребуется для этого?

3. Запишите уравнение *реакции 3* и рассчитайте ее тепловой эффект (в кДж/моль), если теплота образования углекислого газа равна 393 кДж/моль. Запишите соответствующее термохимическое уравнение.

4. В реактор ввели синтез-газ с начальными концентрациями угарного газа и водорода 0.15 моль/л, выход гептана составил 70% (будем считать, что никакие другие углеводороды в реакторе не образовались), а непрореагировавший угарный газ вступил в побочную *реакцию 3*. После установления равновесия концентрация углекислого газа в реакторе составила 0.03 моль/л. Рассчитайте концентрации остальных веществ в реакторе и значение константы равновесия для *реакции 3*, выраженной через молярные концентрации.

5. Какие внешние факторы (температура, давление) будут способствовать минимизации протекания побочной *реакции 3*? Ответ обоснуйте на основе принципа Ле Шателье.

*Каждая задача оценивается в 20 баллов*

Старайтесь решать и оформлять все предложенные задачи. Решение каждой задачи начинайте со слова «Задача №...». Каждый правильно выполненный пункт задачи оценивается отдельно. При наличии численных данных, приводите полные выводы формул, или хотя бы подтверждайте свои догадки проверкой (при отсутствии расчетов вы можете получить неполный балл). Не забывайте расставлять коэффициенты в уравнениях реакций!

Решения заданий олимпиады и критерии оценивания будут опубликованы на сайте Республиканского Лицея во вкладке «Химия» <https://rlc.education/chemistry.html>

Желаем удачи!