

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
А	Выделился бесцветный газ Д (реакция 1), вызывающий помутнение известковой воды (реакция 2)	Устойчива к прокаливанию
Б	Видимых изменений не наблюдалось	При быстром нагревании до 400°C над щелочным катализатором превращается в соль В , выделяя легкий горючий газ Е (реакция 3)
В	Видимых изменений не наблюдалось	При нагревании до 450°C превращается в соль А , выделяя газ Ж (реакция 4)
Г	Выделился газ Д (реакция 5)	При нагревании до 80°C разлагается с выделением газа Д и образованием соли А (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 **А₁** (реакция 1);
- красно-фиолетовый раствор соли **Б** при добавлении серной кислоты обесцвечивается, а из раствора выделяется бесцветный газ **Г₁** (реакция 2);
- изумрудно-зеленый раствор соли **В** при добавлении серной кислоты становится фиолетовым вследствие образования соли **В₁**, а на дне сосуда выпадает бурый осадок **В₂** (реакция 3);
- если в растворы солей **А–В** внести концентрированную соляную кислоту, то во всех случаях наблюдается выделение ядовитого желто-зеленого газа **Г₂** (реакции 4–6), при этом раствор соли **А** зеленеет, а растворы солей **Б** и **В** обесцвечиваются;

– плотность газа Γ_2 по газу Γ_1 равна 2.219.

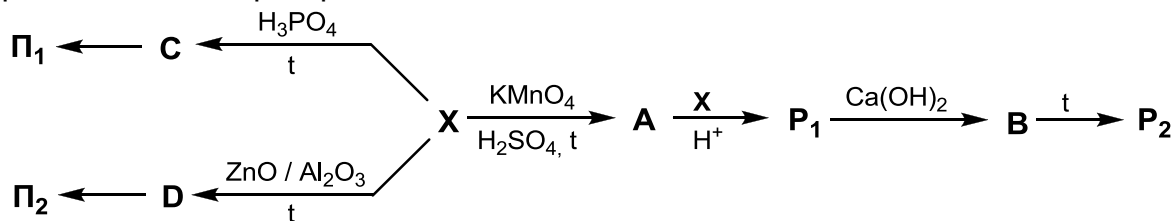
1. Определите элементы **X–Z**, запишите формулы солей **A–B**. Установите газы Γ_1 и Γ_2 , вещества **A**₁, **B**₁, **B**₂, ответ аргументируйте.

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

3. Образец соли **B** массой 50 г прореагировал с избытком концентрированной соляной кислоты. Рассчитайте объем выделившегося газа Γ_2 при н.у.

Задача 3. Растворители и полимеры

Органическое вещество **X** является удобным предшественником для синтеза распространенных растворителей **P**₁ и **P**₂ и полимеров **П**₁ и **П**₂. 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.

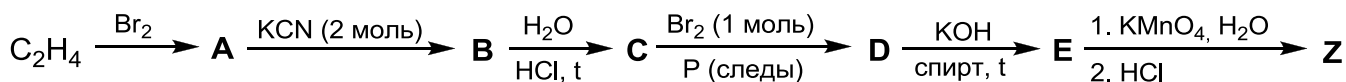
2. Установите строение веществ **A–D**, растворителей **P**₁ и **P**₂, полимеров **П**₁ и **П**₂, приведите их структурные формулы и названия.

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. Учтите, что вещество **E** является дикалиевой солью. На стадии превращения **E** → **Z** нужно написать два уравнения реакций.

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**.

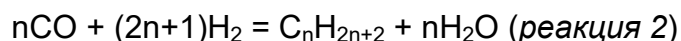
3. Рвотный камень выпадает из раствора в виде кристаллогидрата **Q**, который при нагревании до 100°C полностью обезвоживается, теряя 8.08% массы. Установите состав кристаллогидрата **Q**, ответ подтвердите расчетом.

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 м³, если известно, что его теплота сгорания составляет 4817 кДж/моль, плотность гептана – 580 кг/м³. Какой объем воздуха (м³ 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.

Инструкция для участника:

Каждая задача оценивается в 20 баллов. Все атомные массы при расчетах округляйте до целых чисел (кроме хлора – 35.5). Все уравнения реакций должны быть уравнены (не забудьте расставить коэффициенты). 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).