

**Министерство образования и науки УР**  
**АОУ ДПО УР «Институт развития образования»**  
**Муниципальный этап ВСОШ по химии 2023-2024 учебный год**  
**г. Ижевск**  
**11 класс**

*Максимальное количество баллов – 100 баллов*

***Задача № 1***

В вакуумированной запаянной ампуле объемом  $50 \text{ см}^3$  находится  $50 \text{ мг}$  карбоната бария. После того как ампулу нагрели до  $900^\circ\text{C}$  и выдержали до постоянства давления, оно составило  $3 \cdot 10^{-4} \text{ атм}$ .

1. Оцените константу равновесия химического процесса.
2. Рассчитайте состав (в % по массе) твердого остатка в ампуле при  $900^\circ\text{C}$ .
3. Твердую смесь извлекли из ампулы, охладили и промыли  $10 \text{ мл}$  теплой воды. Каково значение рН раствора?
4. Какую массу графита нужно добавить к первоначальному содержимому ампулы, чтобы при нагревании до  $900^\circ\text{C}$  давление в ней увеличилось втрое?
5. Как добавление графита влияет на степень диссоциации карбоната бария? Оцените значение степени диссоциации  $\alpha$  в %.
6. Рассчитайте константы равновесий  $K_p$  в ампуле, содержащей графит.

**Примечание:** 1) Константу равновесия обратимой реакции  $aA \rightleftharpoons bB$ , в которой участвуют газообразные вещества, можно рассчитать через парциальные давления газов, т.е.

$K_p = \frac{P_B^b}{P_A^a}$ . Парциальное давление  $P_i$  – это давление отдельно взятого компонента газовой смеси. 2) При проведении расчетов все получаемые значения округляйте до третьего знака после запятой.

***Задача № 2.***

Углеводород **X** состава  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  обесцвечивает бромную воду, реагирует с аммиачным раствором оксида серебра и окисляется подкисленным раствором дихромата калия. Установите строение данного углеводорода, если одним из продуктов окисления является 2-метилбутановая кислота. Запишите формулы продуктов реакций, описанных в условии.

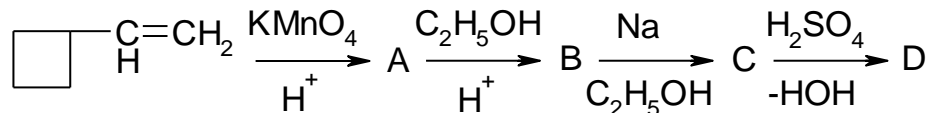
Изомерный **X** углеводород **X<sub>1</sub>** является веществом другого класса, также реагирует с бромной водой и способен к окислению подкисленным раствором дихромата (или перманганата) калия. При каталитическом гидрировании **X<sub>1</sub>** реакция идет в два этапа, причем температура проведения второго этапа

существенно выше, чем первого. Может ли углеводород  $X_1$  содержать следующие структурные фрагменты (дайте мотивированный ответ):

– две двойных связи?

– два предельных цикла?

Одним из вариантов структуры  $X_1$  может быть винилциклобутан (циклобутилэтилен), который вводят в следующую последовательность реакций:



Определите строение веществ **A–D**.

*Пояснение: Na в  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  выполняет функцию восстановителя*

### Задача № 3

Мы все привыкли, что большинство соединений этого часто упоминаемого металла (в дальнейшем обозначаемого как **M**) – бесцветные или белые вещества, хорошо растворимые в воде.

Ниже в таблице приведены характеристики соединений этого металла, которые окрашены в разные цвета и в разной степени растворимы в воде. Определите соединения, напишите их названия и запишите уравнения реакций, упомянутых в колонке 3.

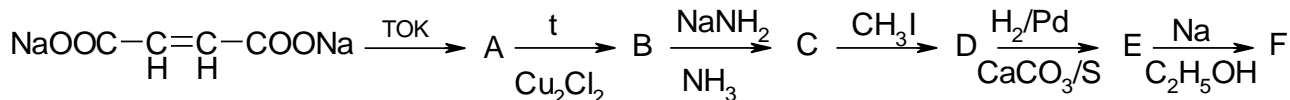
Вещество	Описание вещества	Химическое свойство
А	Оранжево-желтое вещество, имеет ионное строение, очень сильный окислитель	1. Образуется при сгорании простого вещества на воздухе
Б	Оранжево-красное бинарное вещество, устойчиво на холоду, имеет ионное строение, сильный окислитель, $\omega(\text{M}) = 44,89\%$	2. Разлагается при слабом нагревании. 3. Образуется из вещества А при температурах меньше $0^\circ\text{C}$ при взаимодействии с компонентом воздуха, получающимся во время грозы
В	Белое вещество, но при хранении на свету желтеет, типичный восстановитель	4. Пожелтение вещества при хранении на свету при комнатной температуре
Г	Соль Фишера. Желтое, плохо растворяется в холодной воде. Комплексное соединение, содержащее 25,94% (по массе) <b>M</b> , 13,03% <b>Co</b> , 18,57% <b>N</b> , 42,46% <b>O</b> ( <b>N</b> и <b>O</b> входят в состав аниона)	5. Качественная реакция на ионы металла <b>M</b> в растворе
Д	Желтое, хорошо растворяется в воде, не образует кристаллогидратов	6. При подкислении водного раствора превращается в вещество Е
Е	Хромпик, оранжево-красное, хорошо растворяется в воде	7. При подщелачивании водного раствора превращается в Д

Вещество	Описание вещества	Химическое свойство
Ж	Красно-фиолетовое, почти черное, умеренно растворяется в воде	8. Разложение при нагревании на 3 и другие вещества
З	Темно-зеленое	9. В кислой среде диспропорционирует на Ж и другие вещества
И	Светло-желтое, хорошо растворимое в малом количестве воды, термически неустойчивое, щелочной раствор. Является качественным реагентом на ионы аммония, образуя с ними аморфный красно-бурый осадок комплексной соли	10. Разложение с образованием осадка при сильном разбавлении
К	Красно-фиолетовое, хорошо растворяется в присутствии щелочей, $\omega(\text{Fe}) = 28,20\%$	11. Образование при окислении железа (или его гидроксида) сильным окислителем в щелочной среде
Л	Зеленое с красным оттенком, анион устойчив только в щелочной среде, $\omega(\text{Ru}) = 41,55\%$	12. Окисление рения сильным окислителем в присутствии щелочи при сильном нагревании
М	Кристаллогидрат – темно-фиолетовый, хорошо растворяется в воде, красная безводная соль – очень плохо	13. Взаимодействие с разбавленным раствором щелочи

**Примечание.** При проведении расчетов используйте значения относительных атомных масс элементов, округленных до второго знака после запятой.

#### Задача № 4.

Определите строение веществ А – F, зашифрованных схемой:



исходя из их описания:

**A** – газообразное вещество, первый член гомологического ряда;

**B** – углеводород состава  $\text{C}_x\text{H}_x$ ;

**C** – содержит Na;

**D** – массовая доля углерода в этом веществе равна 0,909;

**E, F** – существуют в виде *цис-транс*-изомеров

Ответьте на вопросы:

- На катоде или на аноде происходит выделение вещества **A** при электролизе?
- В какой геометрической конфигурации образуются вещества **E** и **F** в этих реакциях?

### Задача № 5.

Желтая кровавая соль  $K_4[Fe(CN)_6]$  и красная кровавая соль  $K_3[Fe(CN)_6]$  – два химических вещества, очень похожих своими формулами, получили свои названия от способа их производства: соли выделяли из животных отбросов, в том числе и из крови, собираемой на бойнях. Современное название этих солей – гексацианоферрат(II) калия и гексацианоферрат(III) калия соответственно. Несмотря на схожий состав, соли отличаются свойствами и, соответственно, применением.

Обе соли образуют плохо растворимые в воде соединения при контакте с ионами некоторых металлов, что используется в практике качественного химического анализа. Так, при  $pH < 7$  желтая кровавая соль осаждает ионы меди(II) в виде красно-бурого осадка (*реакция 1*). При  $pH \sim 9$  в присутствии аммиачного буферного раствора (смесь аммиака и хлорида аммония) гексацианоферрат(II) калия осаждает ионы кальция в виде белого кристаллического осадка, массовая доля углерода в котором составляет 25,01% (*реакция 2*).

При взаимодействии гексацианоферрата(III) калия с сульфатом железа(II) выделяется синий осадок турнбулевой сини (*реакция 3*), при действии же гексацианоферрата(II) калия на сульфат железа(III) выделяется синий осадок берлинской лазури (*реакция 4*), которые, как известно, имеют один и тот же качественный и количественный состав. Массовая доля атомов углерода в этих соединениях составляет 23,48% по массе.

Красная кровавая соль очень ядовита. Ядовитые продукты образуются и при взаимодействии этой соли с кислотами. Так, при действии на  $K_3[Fe(CN)_6]$  соляной кислоты, выделяется ядовитое вещество, содержащее 44,45% углерода по массе (*реакция 5*). При действии концентрированной серной кислоты образуется два газообразных продукта в мольном соотношении 1 : 11, один из которых также является ядовитым и содержит 57,12% кислорода по массе. Массовая доля железа в образующейся при этом соли составляет 36,77% (*реакция 6*).

Гексацианоферрат(III) калия – очень сильный окислитель, особенно в щелочной среде. Окисляет сероводород до серы, иодоводород до иода, аммиак до азота и солей аммония, оксид свинца(II) до оксида свинца(IV) (*реакция 7*) и вольфрам до  $WO_4^{2-}$  (*реакция 8*) в щелочной среде.

Напишите уравнения всех описанных реакций в молекулярном и кратком ионном видах.

Еще одним важным применением желтой и красной кровавых солей является использование этих веществ в количественном химическом анализе. Известное практическое значение имеет титриметрический метод определения

цинка по реакции осаждения его ионов в нейтральном или слабокислом растворе желтой кровяной солью (массовая доля цинка и углерода в продукте реакции равны соответственно 28,09% и 20,64%). Напишите уравнение реакции, лежащей в основе определения, в молекулярном и кратком ионном видах. Рассчитайте массовую долю (в %) ZnO в цинковых белилах, если навеску вещества в 0,2775 г после соответствующей обработки оттитровали 16,48 мл раствора  $K_4[Fe(CN)_6]$  с концентрацией 0,09656 моль/л.

**Примечание.** 1) При проведении расчетов используйте значения относительных атомных масс элементов, округленных до второго знака после запятой.

2) Точность указания концентраций растворов и их объемов определяется условием задачи.

3) Титрование – это метод количественного химического анализа, основанный на химической реакции между раствором, содержащим определяемое (анализируемое) вещество, и раствором другого вещества, концентрация которого точно известна (титрантом). Процесс титрования представляет собой пошаговое добавление титранта к анализируемому раствору, с наблюдением за химической реакцией до ее завершения.