

## 1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

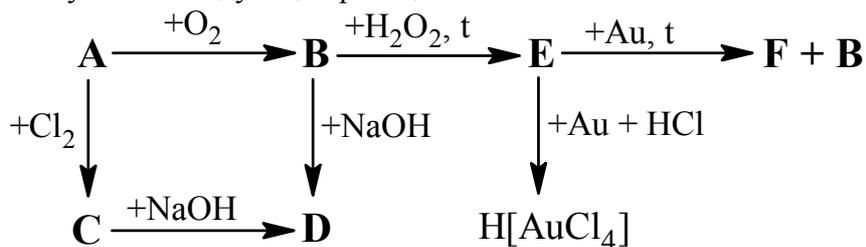
### 1.1 Задания Отборочного теоретического тура

#### 1.1.2. Задания 10 класса

##### Задача №10-1

Химический элемент **A** входит в состав 37 минералов, а соответствующее ему простое вещество имеет несколько аллотропных модификаций и проявляет свойства неметалла.

Элемент **A** вступает в следующие реакции:



1. Определите вещества **A – F**, если известно, что:

Вещество	$\omega(\text{O}), \%$	Внешний вид
A	0,00	Серый, с металлическим блеском
B	28,83	Белый, летучий
C	0,00	Светло-желтый, летучий
D	27,75	Белый, кристаллический
E	44,14	Белый, плавится при 62°C

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих приведенной схеме.

##### Задача №10-2

Любимой забавой Леночки было выращивание кристаллов. В ее коллекции уже имелось несколько красивых кристаллов разной формы и цвета. Сегодня она задумала вырастить кристаллы из хромокалиевых квасцов. Но вот беда – квасцов в лаборатории не оказалось! Только Леночку это не расстроило – ведь их можно синтезировать самой.

Для синтеза квасцов Леночка взяла дихромат калия, тщательно растерла его в ступке и растворила в серной кислоте, затем охладила полученный раствор в кристаллизаторе со снегом. К охлажденному раствору она добавляла небольшими порциями этиловый спирт, постоянно перемешивая раствор. Окраска раствора постепенно изменилась с оранжевой на зеленую, а в воздухе витал запах зеленых яблок. При последующем охлаждении начали выпадать темно-фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов. После полного их осаждения довольная Леночка отфильтровала кристаллы и высушила их.

Вот теперь можно и позабавиться! Леночка отмерила 200 мл воды и нагрела ее до 80°C, после чего начала растворять в ней полученные квасцы. Для получения насыщенного раствора ей потребовалось 56,5 г квасцов. Затем она внесла в раствор ниточку с затравкой и оставила его на несколько дней при комнатной температуре. Спустя время она достала из раствора красивый фиолетовый кристалл!

1. Какие соединения называют квасцами? Приведите формулы и названия двух известных вам квасцов.

2. Запишите уравнение реакции, по которому Леночка получила хромокалиевые квасцы. Рассчитайте объемы серной кислоты ( $\omega = 60\%$ ,  $\rho = 1,5$  г/мл) и этанола ( $\omega = 96\%$ ,  $\rho = 0,8$  г/мл), которые необходимо взять, чтобы получить 56,5 г квасцов, если кислоты требуется взять на 20%, а спирта на 50% больше требуемого по уравнению реакции.

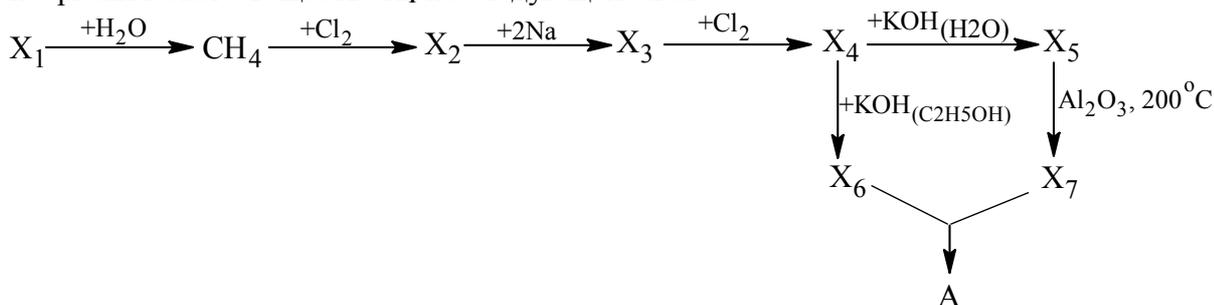
3. Рассчитайте массовые доли сульфата калия и сульфата хрома (III) в насыщенном растворе при 80°C.

4. Рассчитайте массу кристалла, выращенного Леночкой, если известно, что массовая доля безводной соли  $KCr(SO_4)_2$  в растворе после извлечения кристалла составляет 11,1%.

5. Друг Леночки Коля Пробиркин случайно пролил на выращенный кристалл щелочной раствор перекиси водорода, который он подготовил для своего опыта. Что произошло с кристаллом? Запишите соответствующее уравнение реакции.

### Задача №10-3

Углеводород **A**, масса молекулы которого равна  $13,621 \cdot 10^{-23}$  г, может быть получен из неорганического вещества  $X_1$  по следующей схеме:



Окисление **A** перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию вещества **B**, содержащего 27,59% кислорода. Если окисление проводить в кислой среде, то образуется вещество **B** – полупродукт для получения полимерных материалов, которое при температуре 300°C теряет воду и превращается в вещество **Г**.

Если взять 3 моль вещества **A** и нагреть его на палладиевом катализаторе при температуре 200°C, то оно диспропорционирует с образованием 2 молей вещества **Д** и одного моля ароматического вещества **Е**, которое, подвергаясь дальнейшему нитрованию и восстановлению образует вещество **Ж** незаменимое при получении синтетических красителей.

1. Напишите структурную формулу углеводорода **A**, веществ  $X_1$ – $X_7$  и **Б–Ж**.

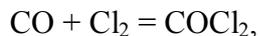
2. Напишите уравнения всех реакций, описанных в тексте задачи.

3. Как называется реакция получения **A** из веществ  $X_6$  и  $X_7$ ?

**Задача №10-4**

Английский химик Гемфри Дэви в 1812 году впервые получил газообразное вещество, обладающее удушающим действием и дал ему название «фосген», что в переводе с греческого означает «рожденный светом».

Известно, что оксид углерода (II) и хлор при нормальных условиях вступают в обратимую реакцию образования фосгена:



константа равновесия которой при нормальных условиях равна 1.

В закрытом производственном помещении длительно фиксируются концентрации хлора и угарного газа равные  $0,5 \text{ мг/м}^3$  и  $0,1 \text{ мг/л}$  соответственно.

*1. Можно ли находиться в этом помещении длительное время без средств защиты, если предельно допустимые концентрации хлора, оксида углерода (II) и фосгена равны  $1 \text{ мг/м}^3$ ,  $0,2 \text{ мг/л}$  и  $0,02 \text{ мг/л}$  соответственно.*

Фосген легко дезактивируется (теряет свои отравляющие свойства) при взаимодействии с раствором щелочи, аммиаком и легко разрушается при контакте с нагретым оксидом меди (II), что может использоваться в средствах защиты или для его утилизации.

*2. Запишите уравнения реакций взаимодействия фосгена с водой, гидроксидом натрия, аммиаком и оксидом меди (II).*

Другим способом дегазации помещений при утечке фосгена является обработка помещений водой из пожарных брандспойтов.

*3. Вычислите pH водных стоков, образующихся при утилизации утечки  $0,05 \text{ кг}$  фосгена водой объемом  $10 \text{ м}^3$  воды.*

**Задача №10-5****Опыты с марганцовкой**

В домашней аптечке юный химик Вася обнаружил пузырек с кристаллами марганцовки и решил исследовать ее свойства. Прихватив с собой пузырек, он отправился в школьную лабораторию, чтобы провести серию опытов.

В первом опыте Василий к кристаллам перманганата калия добавил концентрированную серную кислоту и получил вещество **A** в виде густой маслянистой жидкости темно-красного цвета (*реакция 1*), содержащей  $49,55 \text{ мас.}\%$  марганца. Однако уже через час вещество **A** превратилось в темно-коричневый порошок **C** (*реакция 2*), который при добавлении в раствор перекиси водорода вызывает ее бурное разложение.

Во втором опыте Вася приготовил водный раствор марганцовки и подкислил его разбавленной серной кислотой. К раствору он добавил щавелевую кислоту  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , при этом он наблюдал исчезновение малиновой окраски и выделение газа без запаха, вызывающего помутнение известковой воды (*реакция 3*). Полученный бесцветный раствор, содержащий соль **B**, Вася разделил на две части. К первой порции раствора он добавил раствор гидроксида натрия и получил осадок цвета слоновой кости **D** (*реакция 4*), который при последующем действии брома в присутствии гидроксида натрия превратился в коричневый осадок **C** (*реакция 5*). Ко второй порции раствора Вася добавил исходный раствор марганцовки, при этом также выпал коричневый осадок **C** (*реакция 6*).

При добавлении к осадку **C** концентрированной соляной кислоты Вася получил желто-зеленый газ с резким запахом и соль **E** (*реакция 7*). Эту же соль **E** Вася получил при действии разбавленной соляной кислоты на осадок **D** (*реакция 8*).

Сплавлением вещества **C** со смесью нитрата калия и гидроксида калия Васе удалось получить соль **F** зеленого цвета (*реакция 9*), имеющую такой же качественный состав, как и марганцовка. При термическом разложении порошка марганцовки Вася получил смесь соединений **C** и **F** (*реакция 10*).

*Напишите уравнения всех реакций, проведенных Васей, расставьте коэффициенты.*

## 1.2 Задания Теоретического тура

### 1.2.2. Задания 10 класса

#### Задача №10-1

Алюмосиликаты, как один из самых распространенных классов минералов, отличаются огромным разнообразием, но среди них хотелось бы отметить одного особенно прекрасного представителя, который получил свое название за характерную голубовато-зеленую окраску (с лат. *морская вода*) – аквамарин.

1. *Вспомните, растворы солей какого металла имеют голубую окраску. Назовите два основных карбоната этого металла, встречающиеся в природе, и приведите их формулы.*

Этот минерал относится к драгоценным камням. Он прозрачен, цвет его проявляется неявно, а при длительном пребывании на Солнце камень и вовсе бледнеет.

Хотя камень не применяют в качестве руды, из него можно выделить довольно дорогой и редкий металл **X**. Сделать это можно по следующей схеме:

А) Минерал обрабатывается концентрированной серной кислотой при нагревании. В раствор переходят алюминий и металл **X**.

Б) К полученному раствору добавляют избыток раствора карбоната аммония, алюминий в виде нерастворимого соединения выпадает в осадок, а металл **X** остается в растворе в виде комплексного соединения **Y**.

В) Затем комплексное соединение разлагают соляной кислотой, из полученного раствора осаждают водным раствором аммиака металл **X** и выделяют его в виде оксида. Последним этапом проводят магнийтермию.

2. *Установите металл X, формулы вещества Y и неизвестного минерала, зная, что массовая доля X в минерале равна 5,028% и что условно на одну формульную единицу оксида алюминия приходится шесть формульных единиц оксида кремния.*

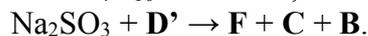
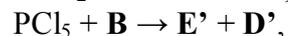
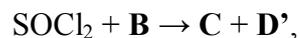
3. *Напишите уравнения всех описанных реакций.*

3. *Какое название предлагалось для металла X?*

Подсказкой для ответа на последний вопрос Вам послужит биологически активная добавка – простейшая аминокислота, которую Вы, возможно, принимаете перед каждым экзаменом.

#### Задача №10-2

Вещества **A** и **B** представляют собой прозрачные бесцветные жидкости без вкуса и запаха. По физическим свойствам различия заключаются в температурах кипения и плавления (вещество **B**:  $T_{\text{пл}}=3,8^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кип}}=101,4^{\circ}\text{C}$ ), кроме того вещество **B** более вязкое. С химической точки зрения свойства их похожи. В промышленности вещество **B** получают как побочный продукт после электролиза вещества **A**.



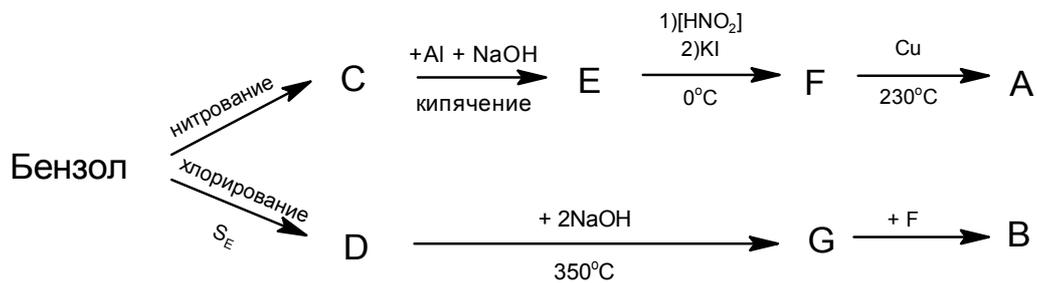
1. *Определите вещества A и B, если известно, что в своем составе они содержат по 8 и 10 нейтронов соответственно.*

2. Напишите реакции и определите вещества **C** – **F**, **D'** и **E'**.
3. Какие растворители применяют при получении спектров ЯМР? В чем заключается их особенность?

### Задача №10-3

Температуры плавления чистых веществ **A** и **B** составляют 69 и 27 °С соответственно. Однако если смешать эти соединения в соотношении 1:2,77, то получится смесь, которая плавится при температуре 12°С. Такую смесь, которая имеет температуру плавления наименьшую, чем любые другие составы, называют эвтектической.

Теплоноситель *DOWTHERM A* представляет собой эвтектическую смесь двух весьма стабильных органических соединений **A** и **B**. Эти вещества имеют очень близкие значения давления паров, поэтому их смесь работает как одно соединение. Химическая инертность этих веществ позволяет использовать *DOWTHERM A* как растворитель для высокотемпературных реакций (вплоть до 250°С). Вещества **A** и **B** можно получить по следующей схеме:

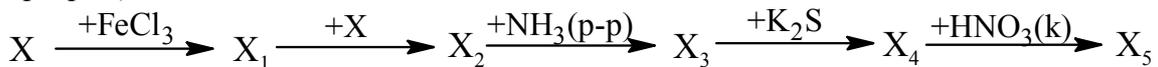


1. Напишите уравнения реакций получения веществ **A** и **B**.
2. Назовите вещества **A** и **B**, составляющие *DOWTHERM A*.

### Задача №10-4

Данила Мастер был совершенно предан веществу **A**, он нес своим мастерством структуру и красоту вещества (камня) **A** простому человеку.

1. О каком веществе (**A**) идет речь, если известно, что оно состоит из углерода (массовая доля 5,4054%), водорода (массовая доля 0,9%) и кислорода (массовая доля 36,036%) и некоторого элемента **X**. Масса формульной единицы этого вещества  $36,877 \cdot 10^{-23}$  г. Каково химическое название этого вещества?
2. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений **X**:



Смесь газов, выделившихся при обработке смеси порошков **X** и вещества **A** избытком разбавленной азотной кислотой, пропустили через 5%-ный раствор едкого натра (пл. 1.05 г/мл), при этом один из газов прореагировал с 137 мл этого раствора до образования кислой соли. Объем непоглощенного щелочью газа составил 268,8 мл (н.у.).

3. Вычислите состав исходной смеси в процентах по массе.

Одно из примечательных свойств вещества **A** – это то, что при нагревании это вещество становится почти черным, поэтому украшения с этим камнем следует беречь от воздействия высоких температур.

4. Объясните почему изделия из камня **A** чернеют. Напишите уравнение химической реакции.

### Задача №10-5

Важным этапом в производстве серной кислоты является каталитическое окисление диоксида серы:



1. Рассчитайте тепловой эффект этой реакции, используя стандартные теплоты образования веществ.
2. На основании принципа Ле-Шателье предложите оптимальные условия для осуществления данного технологического процесса в контактном аппарате.
3. Объясните, руководствуясь вашими знаниями о кинетике, почему реакцию проводят при температурах порядка 400 – 500°C.

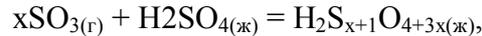
Данный промышленный процесс является каталитическим, при этом одним из самых эффективных и распространенных катализаторов является оксид ванадия (V).

4. Предложите механизм окисления в присутствии этого катализатора.

Известно, что при понижении температуры реакционной смеси активность катализатора падает за счет образования сульфата ванадила (IV).

5. Напишите уравнение реакции образования сульфата ванадила в реакционной смеси.

На следующей стадии образующийся серный ангидрид поглощают концентрированной серной кислотой с образованием олеума:



который разливают по цистернам и отправляют железнодорожными составами к потребителю.

6. Почему серный ангидрид поглощают именно готовой кислотой, а не водой? С какими рисками это связано? Оцените, до какой температуры могла бы разогреться смесь в противном случае, используя справочные данные.

При расчетах примите, что удельная теплоемкость смеси равна 4200 Дж/(кг×К), масса реакционной смеси равна 570 кг, объем поглощаемого оксида серы (VI) равен 30000 л (н.у.), а начальная температура смеси 25°C.

Справочные данные:

Вещество	Q <sub>обр</sub> , кДж/моль	Вещество	Q <sub>обр</sub> , кДж/моль
SO <sub>2(газ)</sub>	296.9	H <sub>2</sub> O <sub>(ж)</sub>	285.84
O <sub>2(газ)</sub>	0	H <sub>2</sub> SO <sub>4(р-р)</sub>	907.51
SO <sub>3(газ)</sub>	395.2		

### 1.3. Задания Экспериментального тура

#### 1.3.2. Задание 10 класса

Для обнаружения отдельных ионов и разделения смесей в аналитической химии используют различные реакции образования и растворения осадков при действии различных реагентов.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных **А**, **Б**, **В**, и содержащих растворы нитрата цинка, нитрата свинца и серной кислоты.

Комплект 2, обозначенных номерами **1 – 8**, и содержащих растворы хлорида, иодида, сульфата, карбоната, сульфида, гидроксида, фосфата и силиката натрия.

17

*1. Не используя других реактивов, определите соответствие между обозначениями пробирок и растворами веществами, которые в них находятся.*

*2. Напишите уравнения всех химических реакций между веществами первого и второго комплекта, которые сопровождаются визуальными изменениями.*

**Оборудование:** водяная баня, штатив с пробирками.