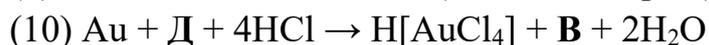
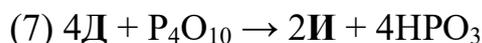
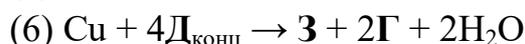
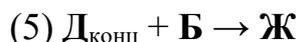
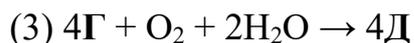


Задания 9 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача № 9-1

Элемент **X** представляет собой неметалл, которому соответствует простое вещество **A**. В уравнениях (1)–(12) представлены химические превращения соединений, в состав которых входит элемент **X**. Часть соединений имеет окраску: **Г** окрашен в насыщенный бурый цвет, **Д** при длительном хранении приобретает желтый оттенок, **К** и **З** характеризуются синей окраской. Соединения **В**, **Г**, **И**, **К** относятся к одному классу соединений. Вещества **Е** и **Ж** можно встретить в составе пиротехники. **Л** можно отнести к органическим соединениям.



1. Назовите и приведите формулы соединений **A–M** на основании уравнений реакции (1) – (12)

2. Какое тривиальное название имеет соединение **E**? Почему его так называют?

3. Как называется смесь **Д** и **HCl**, в чем её особенность?

4. Напишите, как минимум, еще два названия соединения **Л**.

Задача №9-2

Вещество **A** является основой одного из природных минералов. По данным количественного анализа **A** содержит по массе 18,62% серы, 23,28% кальция, 55,75% кислорода и водород. При нагревании до 150–160°C **A** превращается в соединение **B** (реакция 1), массовая доля кальция в котором в 1,186 раза больше,

чем в **A**, а при нагревании до 250°C образуется вещество **B** (реакция 2). Вещество **B** легко превратить в вещество **A**, тогда как **B** превратить в **A** намного труднее. Если перегреть **B** до 1200°C , то оно безвозвратно разлагается на соединение **Г**, газ **Д** и кислород (реакция 3). Содержание кальция в **Г** увеличивается на 47,74 % по сравнению с веществом **A**.

1. Установите молекулярную формулу вещества **A**, назовите его по систематической номенклатуре. Какое тривиальное название имеет это вещество?
2. Приведите молекулярные формулы веществ **B**, **В**, **Г**, **Д**. Приведите уравнения реакций 1-3. Где и для чего используется вещество **B**, и как оно называется?

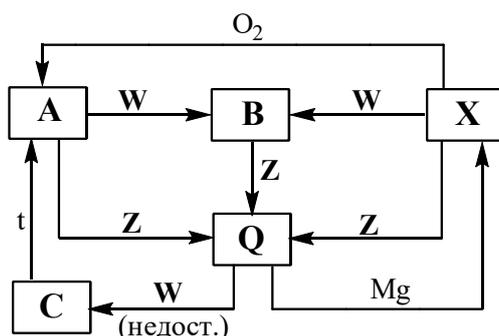
Задача №9-3

Массовая доля элемента **X** в нефтепродуктах обычно составляет около 1,5 %. При сжигании таких нефтепродуктов в атмосферу может попадать газ **A** (реакция 1), с содержанием элемента **X** 50% по массе. Есть два пути переработки газа **A**. Во первом пути газ каталитически окисляют до вещества **B** (реакция 2), из которого гидратацией получают важное для химической промышленности вещество **В** (реакция 3), в котором массовая доля **X** меньше в 1,531 раз, чем в **A**. Вещество **В** хорошо поглощает воду, поэтому живые организмы стараются держаться от него подальше. В природе озера с высоким содержанием **В** называют озерами смерти. Второй путь переработки газа **A** подразумевает его поглощение специальным адсорбентом **Г** (реакция 4). Известно, что **Г** получают термическим разложением минерала **Д** (реакция 5), который содержит 12 % углерода и 48 % кислорода.

1. Определите элемент **X** и формулы соединений **A–Д**. Напишите уравнения реакции (1-5).
2. Вычислите какую массу вещества **Г** нужно взять, чтобы поглотить весь газ **A**, образующийся при сгорании 2 т нефти. Эффективность данного метода составляет 25 %.
3. Рассчитайте, массу нефти, которая понадобится для получения 100 кг вещества **В**, учитывая, что выход продукта по реакции (3) составляет 99,0 %, а степень перехода **A** в **B** достигает 91 %.

Задача № 9-4

На приведенной схеме зашифрованы способы получения соли **Q** из доступных реагентов. Известно, что **X** – металл, входящий в состав соли **Q**, его массовая доля в соединении **A** равна 52,94%, в соединении **B** – 13,64%. Реагент **W** можно получить при растворении в воде щелочного металла **D**, причем при растворении 11,5 г **D** выделяется 5,6 л (н.у.) водорода. Реагент **Z** является двухосновной кислотой, на полную нейтрализацию 2,94 г которой требуется 10,71 мл 20% раствора **W** ($\rho = 1,12$ г/мл).



1. Определите металл **X** и формулы реагентов **W** и **Z**, ответ подтвердите расчетами. Запишите электронную конфигурацию **X** в виде $1s^2 \dots$
2. Установите формулы веществ **A–C** и соли **Q**.
3. Запишите уравнения всех реакций, отраженных на схеме (всего 9 реакций).

Задача №9-5

С космодрома был украден пероксид водорода массой 10 кг. Через несколько дней на соседнем складе произошел взрыв, на месте происшествия следователи обнаружили две канистры, пластиковую и железную. Следовательно сразу догадался, что хозяин склада причастен к краже.

1. Зачем на космодроме используют пероксид водорода?
2. В какой момент произошёл взрыв?
3. Напишите термохимическое уравнение разложения пероксида водорода, зная:
 $2H_{2(г)} + O_{2(г)} = 2H_2O_{(г)} + 484 \text{ кДж (1)}$,
 $H_{2(г)} + O_{2(г)} = H_2O_{2(ж)} + 188 \text{ кДж (2)}$.
4. Определите до какой температуры нагрелась смесь и какой объем занимала взрывная волна в своем максимуме, если в день взрыва давление было 760 мм. рт. ст., а температура воздуха – 25°C .

Примечание. Для расчетов воспользуйтесь формулой:

$$Q = c_{уд} m (t_2 - t_1)$$

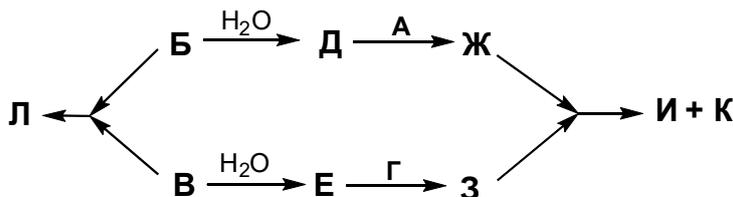
Примите, что все удельные теплоемкости веществ равны удельной теплоемкости жидкой воды: 4,184 Дж/г·К

Задания 10 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №10-1

Вещества **А – Г** являются оксидами элементов третьего периода ПСХЭ имени Д.И. Менделеева, их молярные массы относятся между собой как $6 : 6.2 : 8 : 10.2$. Вещества **Б** и **В** активно реагируют с водой (*реакции 1 и 2*) и друг с другом (*реакция 3*). Продукт первой реакции – вещество **Д** – способно растворить **А** с образованием вещества **Ж** (*реакция 4*). Продукт второй реакции – вещество **Е** – способно растворить **Г** с образованием вещества **З** (*реакция 5*). Вещества **Ж** и **З** реагируют между собой в растворе, образуя смесь аморфных осадков гидроксидов **И** и **К** (*реакция 6*), причем **К** обладает слабыми кислотными свойствами. Указанные реакции отражены на схеме:



1. Установите формулы веществ **А – Л**.
2. Напишите уравнения реакций 1–6.
3. При сплавлении при определенном соотношении оксидов **Б** и **Г** образуется вещество **М**, в котором массовая доля самого тяжелого элемента равна 13,11%. Установите формулу **М** и напишите уравнения получения **М**.
4. Рассчитайте массовую долю (%) вещества **Е** в растворе, полученном при смешении 10 г **В** и 10 г воды.

Задача №10-2

Массовая доля элемента **Х** в нефтепродуктах обычно составляет около 1,5 %. При сжигании таких нефтепродуктов в атмосферу может попадать газ **А** (*реакция 1*), с содержанием элемента **Х** 50% по массе. Есть два пути переработки газа **А**. Во первом пути газ каталитически окисляют до вещества **Б** (*реакция 2*), из которого гидратацией получают важное для химической промышленности вещество **В** (*реакция 3*), в котором массовая доля **Х** меньше в 1,531 раз, чем в **А**. Вещество **В** хорошо поглощает воду, поэтому живые организмы стараются держаться от него подальше. В природе озера с высоким содержанием **В** называют

озерами смерти. Вторым путем переработки газа **A** подразумевает его поглощение специальным адсорбентом **Г** (реакция 4). Известно, что **Г** получают термическим разложением минерала **Д** (реакция 5), который содержит 12 % углерода и 48 % кислорода.

- 1. Определите элемент **X** и формулы соединений **A–Д**. Напишите уравнения реакции (1-5).*
- 2. Вычислите какую массу вещества **Г** нужно взять, чтобы поглотить весь газ **A**, образующийся при сгорании 2 т нефти. Эффективность данного метода составляет 25 %.*
- 3. Рассчитайте, массу нефти, которая понадобится для получения 100 кг вещества **B**, учитывая, что выход продукта по реакции (3) составляет 99,0 %, а степень перехода **A** в **B** достигает 91 %.*

Задача №10-3

Кристаллогидрат хлорида кобальта $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ имеет розовые кристаллы устойчивые при стандартных условиях и хорошо растворимые в воде. При нагревании эти кристаллы приобретают синюю окраску, а при охлаждении обратно розовеют. Такой эффект может быть использован для создания индикаторов, чувствительных к температуре и влажности.

Для получения чистого кристаллогидрата хлорида кобальта необходимо провести перекристаллизацию реактива CoCl_2 из раствора, подкисленного соляной кислотой. Растворимость хлорида кобальта при 20 °С составляет 52,9 г на 100 г воды. Оптимальная температура для перекристаллизации равна 60°С, в таких условиях максимальная концентрация хлорида кобальта составляет 48,4 % по массе.

- 1. Рассчитайте, какую массу растворителя и хлорида кобальта, содержащего 5% примесей, нужно взять, чтобы получить 20 г чистого $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ путем охлаждения раствора с 60 до 20°С.*
- 2. Какой цвет кристаллогидрат $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ будет иметь в среде абсолютного этилового спирта? Ответ аргументируйте.*
- 3. Почему перекристаллизацию проводят из подкисленного раствора?*

Задача № 10-4

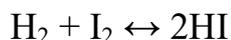
Необычные кислоты

В химии кислотой можно назвать соединение, не содержащее кислотных групп или даже не содержащее атомов водорода в структуре. Такие кислоты без атомов водорода часто используются в органическом синтезе в качестве катализаторов. Соединение **X** может быть получено как отдельно и добавлено в реакцию, так и синтезировано в процессе активации реакции. **X** получают в промышленности из металла **A** и жидкого (при н.у.) галогена **B**. Безводное соединение **X** представляет собой димер.

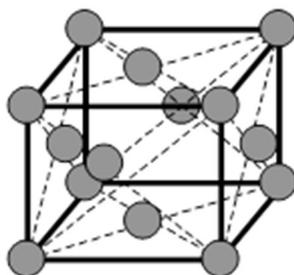
- 1. Запишите уравнение реакции получения **X** из металла **A** и галогена **B**. Известно, что металл **A** может проявлять зеленую, коричневую и розово-фиолетовую окраску в разных степенях окисления; в соединении **X** отношение $\omega(A):\omega(B)=7:30$.*
- 2. Укажите о каких кислотах идет речь и почему их называют кислотами?*
- 3. Запишите уравнение реакции между углеводородом, не способным обесцвечивать подкисленный раствор перманганата калия, и галогеном **B**, с участием кислоты **X**.*

Задача №10-5

Иодоводород является бесцветным газом, который нашел свое применение в качестве восстановителя в органическом и неорганическом синтезе. В лабораторной практике его получают из простых веществ согласно обратимой реакции:



Газовую смесь 3 моль водорода и 1 моль йода выдержали в закрытом сосуде объемом 5 л при 500 °С до установления равновесия. В результате реакции поглотилось 35,15 кДж тепла. Известно, что стандартная энтальпия образования иодоводорода равна 26,57 кДж/моль. В зависимости от условий выход реакции может меняться. Для ускорения реакции вводят катализаторы, состоящие из благородных металлов, один из которых имеет структуру гранецентрированной решетки (представленной на схеме) с ребром 3,803 Å и плотностью 12.41 г/см³.



- 1. Составьте термохимическое уравнение получения иодоводорода. Оцените выход продукта реакции. Рассчитайте константу равновесия реакции получения иодоводорода.*
- 2. Какой металл является катализатором реакции получения иодоводорода? Ответ мотивируйте расчётами.*
- 3. С помощью каких внешних параметров возможно увеличить выход продукта реакции?*

Задания 11 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №11-1

Недавно были предприняты попытки синтеза новых гетеролигандных комплексов уранила, содержащих в своем составе анионы янтарной и щавелевой кислот (*синтез 1*), а также сукцинат-ионы и молекулы ацетамида (*синтез 2*). Синтезы проводили по следующим методикам.

Синтез 1

К смеси оксида урана(VI), янтарной (бутандиовой) кислоты, щавелевой кислоты и хлорида гидроксиламмония приливали 8 мл дистиллированной воды и 2 мл ацетонитрила. Исходные вещества помещали в автоклав на 30 часов при температуре 140 °С. В результате образовывались желтые кристаллы состава **I**.

Синтез 2

К нагретому до 60°С раствору янтарной кислоты добавляли ацетамид и оксид урана(VI). Полученную суспензию продолжали нагревать при постоянном перемешивании на магнитной мешалке до полного растворения оксида. Через 3–4 дня из раствора выделялись желтые кристаллы состава **II**.

Кристаллы **I** и **II** были подвергнуты ИК спектроскопическому исследованию, при этом оказалось, что в спектрах отсутствуют полосы поглощения, отвечающие колебаниям двойной связи C=C, оксалат-ионов и каких-либо азотсодержащих ионов или молекул.

Рентгеноструктурное исследование полученных кристаллов показало, что **I** и **II** все же являются гетеролигандными комплексами уранила, содержащими в одной элементарной ячейке с объемом 781.77 и 872.67 Å³ (для **I** и **II** соответственно) по 4 формульных единицы. Плотность **I** и **II** составила 3.434 и 3.213 г/см³.

Было исследовано термическое разложение **I** и **II** на воздухе. Оказалось, что разложение **I** протекает в две стадии, при этом на первой стадии, сопровождающейся эндотермическим эффектом (200–250 °С) потеря массы составляет 4.6%, а на второй стадии (экзо-эффект, 350–430 °С) – 30.3%. Разложение **II** протекает в три стадии: первые две (140–160 и 210–230 °С) сопровождаются эндотермическими эффектами и характеризуются потерей массы 6.2 и 8.7 % соответственно, а на третьей стадии (экзо-эффект, 350–430 °С) теряется 33.3%. Во всех случаях потеря массы указана в % от начальной навески.

Конечный продукт разложения **I** и **II** оказался идентичен. Он представляет собой бинарное вещество черно-зеленого цвета, кристаллизующееся в ромбической сингонии и содержащее 4 формульных единицы в элементарной ячейке объемом 671.4 \AA^3 . Плотность этого вещества – 8.33 г/см^3 .

- 1. Определите состав соединений **I** и **II**.*
- 2. Предложите схемы термического разложения соединений **I** и **II**, указав составы промежуточных и конечного продуктов. Учтите, что расхождение экспериментальной и теоретической потери масс порядка 0.1–0.2% для соединений с тяжелым атомом **U** является приемлемым.*
- 3. Укажите степень окисления атомов **U** в конечном продукте.*

Задача №11-2

Элемент **X** является одним из самых распространенных элементов в земной коре. Нагревание одной из полиморфных модификаций элемента **X** со стружкой магния при температуре $800 \text{ }^\circ\text{C}$ (реакция 1) приводит к образованию вещества **A**, с массовой долей элемента **X** равной 36,62%. Вещество **A** растворяют в разбавленной соляной кислоте (реакция 2), получая газ **B** и вещество **E**, молярная масса **E** больше **B** в 2,96 раз.

B разделили на 3 пробы. При нагревании первой пробы газ **B** разложился с образованием простого вещества **X** (реакция 3). **B** из второй пробы пропустили через раствор едкого натра (реакция 4). Третья проба прореагировала с калием в диметилгликоле с образованием вещества **B** (реакция 5). Во всех трех пробах в результате реакции выделялся некий газ. Вещество **B** прореагировало с метилйодидом с образованием вещества **Г** (реакция 6). Соединение **Г** состоит из 3 типов атомов и содержит 60,86% элемента **X** по массе.

- 1. Установите элемент **X**, а также формулы веществ **A–E**.*
- 2. Приведите молекулярные уравнения реакций 1–6.*
- 3. 1 г вещества **B** прореагировало с хлоридом триметилолова при этом масса получившегося вещества **Д** равна 2,776 г. Установите формулу **Д**, подтвердите расчетами, напишите уравнение протекающей реакции. Укажите геометрию двух центральных атомов в молекуле **Д**.*

Задача № 11-3

Необычные кислоты

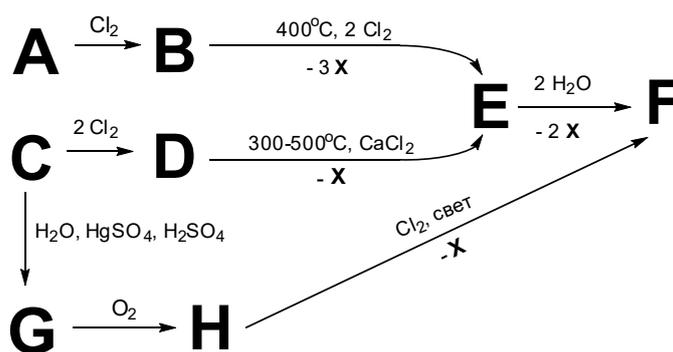
В химии кислотой можно назвать соединение, не содержащее кислотных групп или даже не содержащее атомов водорода в структуре. Такие кислоты без атомов водорода часто используются в органическом синтезе в качестве катализаторов. Соединение **X** может быть получено как отдельно и добавлено в реакцию, так и синтезировано в процессе активации реакции. **X** получают в промышленности из металла **A** и жидкого (при н.у.) галогена **B**. Безводное соединение **X** представляет собой димер.

- 1. Запишите уравнение реакции получения **X** из металла **A** и галогена **B**. Известно, что металл **A** может проявлять зеленую, коричневую и розово-фиолетовую окраску в разных степенях окисления; в соединении **X** отношение $\omega(A):\omega(B)=7:30$.*
- 2. Укажите о каких кислотах идет речь и почему их называют кислотами?*
- 3. Запишите уравнение реакции между углеводородом, не способным обесцвечивать подкисленный раствор перманганата калия, и галогеном **B**, с участием кислоты **X**.*

Задача №11-4

Вещество **F** является важным промежуточным продуктом в синтезе красителей, гербицидов, витамина B₆, а также применяется в процессе получения карбоксиметилцеллюлозы. Есть два пути получения вещества **F**: гидролиз вещества **E** при температуре 130-140°C в присутствии концентрированной серной кислоты дает один целевой продукт. В качестве побочного продукта выделяется бинарный бесцветный газ **X**, водный раствор которого дает кислую реакцию среды. Хлорирование вещества **H** на свету дает сложно делимую перегонкой смесь трех основных продуктов, в качестве побочного продукта также образуется газ **X**.

Ниже представлена цепочка превращений, начинающаяся с веществ **A** и **C**, которые содержат одинаковое количество атомов углерода. Известно, что вещество **C** можно получить гидролизом карбида кальция, массовая доля хлора в соединении **E** составляет 80,99%, а вещества **H** и **F** относятся к одному классу соединений.



1. Приведите структурные формулы веществ А–Н.
2. Приведите структурные формулы двух оставшихся основных продуктов превращения вещества Н в F. Водный раствор какого из них будет более кислым при одинаковых концентрациях, почему?

Задача №11-5

В закрытый бокс размером: $1 \times 1 \times 2$ м поместили 150 г медного купороса и выдерживали его при температуре 50°C . Через некоторое время в системе установилось равновесие, при помощи манометра измерили давление и оказалось, что оно увеличилось на 1216 Па.

1. Считая, что увеличение давления произошло только за счет водяного пара, рассчитайте массу воды, перешедшей в газовую фазу. Рассчитайте потерю массы кристаллогидрата в %.
2. Считая, что в ходе реакции образуется единственный кристаллогидрат, установите его формулу. Напишите уравнение рассматриваемой равновесной реакции.
3. Рассчитайте константу равновесия для процесса дегидратации (давления газов подставлять в барах, 1 бар = 100 кПа).