

Задания 9 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №9-1

Элементы **X**, **Y** и **Z** расположены в одном периоде Периодической системы химических элементов (ПСХЭ). Элемент **X** образует простое вещество **A** – порошок лимонно-желтого цвета, элемент **Y** – желто-зеленый газ **B**, элемент **Z** – воскообразное вещество **C** белого цвета с желтоватым отливом, причем $M(\mathbf{B}) : M(\mathbf{C}) : M(\mathbf{A}) = 1 : 1,7465 : 3,6056$. Вещества **A–C** растворяются в горячем 40% растворе гидроксида калия (*реакции 1–3*), при этом растворение **C** сопровождается выделением бесцветного ядовитого газа, а в растворе образуется соль кислоты **D**. При взаимодействии **B** и **C** в зависимости от соотношения могут образоваться два бинарных соединения (*реакции 4 и 5*), при обработке которых раствором гидроксида калия образуются соли кислот **E** и **F**, соответственно (*реакции 6 и 7*). При сплавлении **A** и **C** образуется сложная смесь бинарных соединений, среди которых преобладает **G** зеленого цвета с массовой долей более тяжелого элемента 43,64%, используемое в производстве спичек.

- 1. Определите элементы X, Y, Z (символы). Расположите данные элементы в порядке увеличения радиусов их атомов.*
- 2. Определите простые вещества A–C, ответ подтвердите расчетом. Запишите уравнения реакций 1–3.*
- 3. Изобразите структурные формулы кислот D–F. Запишите уравнения реакций 4–7.*
- 4. Рассчитайте брутто-формулу вещества G. Какая реакция протекает при поджигании спички, если осуществляется взаимодействие между G и одним из продуктов реакции 2? Запишите соответствующее уравнение.*

Задача №9-2

Простое вещество **A**, существующее в виде желтых кристаллов, реагирует с кислородом с образованием газообразного оксида **B** (*реакция 1*). При пропускании избытка оксида **B** через водный раствор едкого натра (*реакция 2*) образуется соединение **B** (22,11% Na по массе). Взаимодействие соединения **B** с эквивалентным количеством гидроксида натрия дает соль **G** (*реакция 3*). Простое

вещество **A** способно реагировать с раствором соли **Г** (*реакция 4*) с образованием пятиводного кристаллогидрата соединения **Д** (29,11% Na по массе), используемого как фиксаж при обработке фотопленок (*реакция 5*), а также для количественного определения йода (*реакция 6*).

1. *Определите вещества А–Д, напишите уравнения реакций 1–6.*

Задача №9-3

Юному химику на лабораторном занятии по неорганической химии выдали сухую смесь двух солей **A** и **Б**, окрашенную в голубой цвет, для определения качественного состава. Студент нагрел обе соли выше 500°C, при этом окраска сменилась на черную, а масса стала равной 8 г (*реакции 1 и 2*). Известно, что газовая смесь, полученная при разложении, состоит из трех веществ, одно из которых имеет бурый цвет и в воде диспропорционирует. Молярные массы других двух газов различаются ровно в два раза. Полученную газовую смесь пропустили через раствор КОН (*реакции 3 и 4*). При добавлении нитрата стронция в полученный раствор выпадает осадок средней соли массой 12,6 г (*реакция 5*).

Соли, выданные молодому химику, по отдельности имеют широкое применение. Соль **A** (кристаллогидрат) можно купить в магазине сельскохозяйственной химии, она применяется как антисептическое и фунгицидное средство, микроудобрение, а также для ликвидации пятен ржавчины и выделений солей («высолов») с кирпичных, бетонных и оштукатуренных поверхностей. При умеренном нагревании **A** теряет 36% массы. Соль **Б** используется как компонент сложных удобрений, содержит металл, который входит в состав хлорофилла, способствует повышению активности многих ферментов и выступает в роли транспортера фосфора.

1. *Определите формулы солей А и Б.*
2. *Напишите уравнения реакций 1–5.*
3. *Определите массы и массовые доли (%) солей А и Б в смеси.*

Задача №9-4

Кристаллогидрат сульфата железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (массовая доля кислорода в соли составляет 59,79%) используется в лабораторной практике для приготовления растворов, и в лабораторных условиях его можно получить

окислением сульфата железа (II) смесью концентрированных серной и азотной кислот. Для этого была использована следующая методика.

В нагретый до 70°C раствор 85 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 110 мл воды прилили 10 мл 96% серной кислоты (плотность 1,84 г/мл), а затем добавили небольшими порциями 100 мл концентрированной азотной кислоты (массовая доля 63%, плотность 1,35 г/мл). При этом наблюдалось выделение бурого газа. После этого реакцию смесь кипятили до прекращения выделения бурых паров. Полученный водный раствор сульфата железа (III) упарили, а потом охладили до 45°C для начала кристаллизации. Полученные кристаллы продукта синтеза отфильтровали и высушили при температуре 50°C. Было получено 71,5 г кристаллов.

- 1. Установите, какое количество молекул воды входит в состав кристаллогидрата (установите значение x), назовите кристаллогидрат.*
- 2. Приведите уравнение реакции, протекающей в процессе данного синтеза.*
- 3. Для какой цели раствор кипятят после добавления азотной кислоты? Объясните и напишите уравнение реакции.*
- 4. Рассчитайте практический выход сульфата железа (III) в данном синтезе (%).*
- 5. Для определения концентрации ионов Fe^{3+} в растворе используется иодометрическое титрование. В одном из таких опытов к 10 мл исследуемого раствора сульфата железа (III) добавили 10 мл 1М серной кислоты и избыток раствора иодида натрия. На титрование выделившегося иода потребовалось 12 мл 0.5М раствора тиосульфата натрия. Напишите уравнения протекающих реакций и рассчитайте концентрацию ионов Fe^{3+} в данном растворе (моль/л).*

Задача №9-5

При сильном нагревании метана без доступа воздуха он разлагается на углерод и водород. Метан объемом 110 л (при н.у.) кратковременно нагрели до 1200°C, в результате чего некоторая его часть разложилась. При полном сжигании половины образовавшейся газовой смеси в кислороде выделилось 1772 кДж тепловой энергии (вода образуется в газообразном состоянии).



- 1. Приведите термохимические уравнения сгорания метана и водорода, если при сжигании каждого из них объемом 2,00 л (н.у.) выделяется 71,6 кДж и 21,61 кДж теплоты соответственно.*
- 2. Рассчитайте количество моль разложившегося метана и массовую долю водорода в газовой смеси (%), образовавшейся в результате нагревания метана.*
- 3. Рассчитайте теплоту образования $Q_{\text{обр}}$ метана, если теплота образования углекислого газа равна 393 кДж/моль*
- 4. Одним из основных современных промышленных способов получения водорода является каталитическая конверсия метана с водяным паром, которая проводится при температуре 800-1000 °С. Напишите уравнение данной реакции и рассчитайте ее тепловой эффект, если теплота образования одного из участников реакции равна 110 кДж/моль.*

Задания 10 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №10-1

Элементы **X**, **Y** и **Z** расположены в одном периоде Периодической системы химических элементов (ПСХЭ). Элемент **X** образует простое вещество **A** – порошок лимонно-желтого цвета, элемент **Y** – желто-зеленый газ **B**, элемент **Z** – воскообразное вещество **C** белого цвета с желтоватым отливом, причем $M(B) : M(C) : M(A) = 1 : 1,7465 : 3,6056$. Вещества **A–C** растворяются в горячем 40% растворе гидроксида калия (*реакции 1–3*), при этом растворение **C** сопровождается выделением бесцветного ядовитого газа, а в растворе образуется соль кислоты **D**. При взаимодействии **B** и **C** в зависимости от соотношения могут образоваться два бинарных соединения (*реакции 4 и 5*), при обработке которых раствором гидроксида калия образуются соли кислот **E** и **F**, соответственно (*реакции 6 и 7*). При сплавлении **A** и **C** образуется сложная смесь бинарных соединений, среди которых преобладает **G** зеленого цвета с массовой долей более тяжелого элемента 43,64%, используемое в производстве спичек.

- 1. Определите элементы X, Y, Z (символы). Расположите данные элементы в порядке увеличения радиусов их атомов.*
- 2. Определите простые вещества A–C, ответ подтвердите расчетом. Запишите уравнения реакций 1–3.*
- 3. Изобразите структурные формулы кислот D–F. Запишите уравнения реакций 4–7.*
- 4. Рассчитайте брутто-формулу вещества G. Какая реакция протекает при поджигании спички, если осуществляется взаимодействие между G и одним из продуктов реакции 2? Запишите соответствующее уравнение.*

Задача №10-2

Металл **X** получил своё название (с греческого – тяжелый) от названия минерала **A**. Прокаливание смеси минерала **A** с избытком простого вещества **B** при высокой температуре (*реакция 1*) приводит к образованию токсичного газа **B**, содержащего 57,14% кислорода по массе, и вещества **Г**. Вещество **Г** растворимо в воде, его молярная масса 1,38 раза меньше молярной массы **A**. Газ **B** количественно реагирует с оксидом иода(V) (*реакция 2*), что используется в ана-

литической химии для определения его содержания в смесях. При действии на вещество Г раствора уксусной кислоты выделяется отвратительно пахнущий газ Д и образуется вещество Е (реакция 3).

1. Установите элемент X, а также формулу и тривиальное название минерала А.
2. Приведите формулы веществ Б–Е.
3. Приведите молекулярные уравнения реакций 1–3.
4. При прокаливании Е его масса уменьшается на 22,74% по сравнению с исходной. Твердый остаток, образующийся после прокалывания, содержит индивидуальное твердое вещество Ж. Установите формулу Ж, подтвердите расчетами, напишите уравнение протекающей реакции.

Задача №10-3

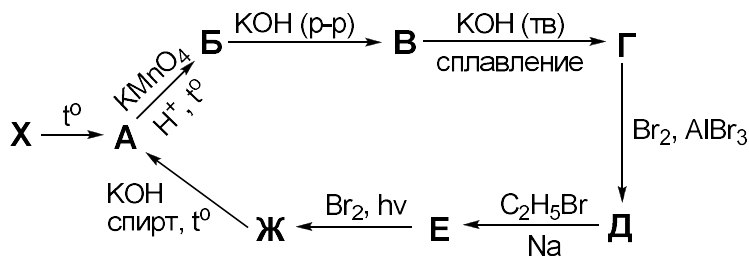
Элемент X относительно редко встречается во Вселенной, так как не образуется в процессе ядерного синтеза в звездах. Одним из самых распространенных минералов, образованных X, на Земле является Y (14 мас.% оксида X, 19% оксида алюминия, 67% диоксида кремния), название которого созвучно названию элемента X.

Взаимодействие раскаленного тонкоизмельченного простого вещества X с воздухом приводит к образованию смеси двух бинарных соединений X₁ и X₂ (реакции 1 и 2), причем молярная масса X₁ меньше, чем у X₂ в 2,2 раз. Эти вещества при нагревании взаимодействуют с соляной кислотой с получением соли X₃ (реакции 3 и 4), а также с избытком раствора гидроксида натрия с получением соединения X₄ (реакции 5 и 6). При пропускании газообразного фтора над раскаленным простым веществом X образуется соединение X₅ (реакция 7), которое может реагировать с расплавом фторида натрия (реакция 8) или с магнием (реакция 9). Реакцию 9 можно использовать для получения простого вещества X, причем для полного восстановления 2,35 г X₅ требуется 1,2 г магния.

1. Определите элемент X, ответ подтвердите расчетом.
2. Определите формулу минерала Y. Как он называется? Каковы области его применения?
3. Установите формулы веществ X₁ – X₅.
4. Напишите уравнения реакций 1–9.

Задача №10-4

Корпуса шариковых ручек часто изготавливают из полимера **X**, который при умеренном нагревании деполимеризуется до мономера – вещества **A** (*реакция 1*), представляющего собой жидкость с резким запахом. Вещество **A** при действии горячего раствора KMnO_4 , подкисленного серной кислотой, превращается в кислоту **B** (*реакция 2*), которая реагирует с KOH с образованием соли **B** (*реакция 3*). Сплавление **B** с избытком твердого KOH приводит к образованию органической жидкости **Г** и карбоната калия (*реакция 4*). Жидкость **Г** в четыре стадии можно превратить в вещество **A** (*реакции 5–8*). Все описанные превращения отражены на схеме:



Дополнительно известно:

- жидкость **Г** представляет собой углеводород с массовой долей водорода 7,69%;
- навеска 1,22 г кислоты **B** может полностью нейтрализовать 11,2 г 5% раствора KOH .

1. Установите структурные формулы веществ **X** и **A – Z**, ответ подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнения реакций 1–8, используя структурные формулы органических веществ.
3. Предположим, что вам нужно получить 61 г вещества **B**. Вы решили получать его из полимера **X** по схеме, описанной в задаче. Рассчитайте, сколько корпусов шариковых ручек вам понадобится использовать, если масса корпуса одной ручки равна 5,2 г.

Задача №10-5

При сжигании углеводорода **X** в избытке кислорода образуется 8,4 л (68,25°C, 1 атм) углекислого газа и 7,2 мл воды. Была исследована реакция каталитического дегидрирования **X** до **Y**. В вакуумированный сосуд объемом 1 л внесли 4,4 г **X**, добавили катализатор и плотно закрыли. При нагревании до 200°C в реакцию вступило 20% **X**, а при нагревании до 300°C – 90% **X**.

- 1. Установите брутто-формулу **X**, проведя расчет по продуктам сгорания. Изобразите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Учтите, что вещество **Y** может максимально присоединить 1 эквивалент брома. Напишите уравнение реакции дегидрирования **X**.*
- 2. Рассчитайте состав равновесной смеси (моль) и парциальные давления всех компонентов (бар) при 200°C и 300°C в реакционной смеси при дегидрировании **X**. 1 бар = 100 кПа*
- 3. Рассчитайте константы равновесия K_p реакции дегидрирования, выраженные через давления в барах, при 200°C и 300°C.*
- 4. Рассчитайте тепловой эффект реакции дегидрирования ($\Delta_r H$) в кДж/моль.*
- 5. Рассчитайте изменение энтропии реакции дегидрирования ($\Delta_r S$) в Дж/(моль·К). При расчетах считайте, что $\Delta_r H$ и $\Delta_r S$ не зависят от температуры.*

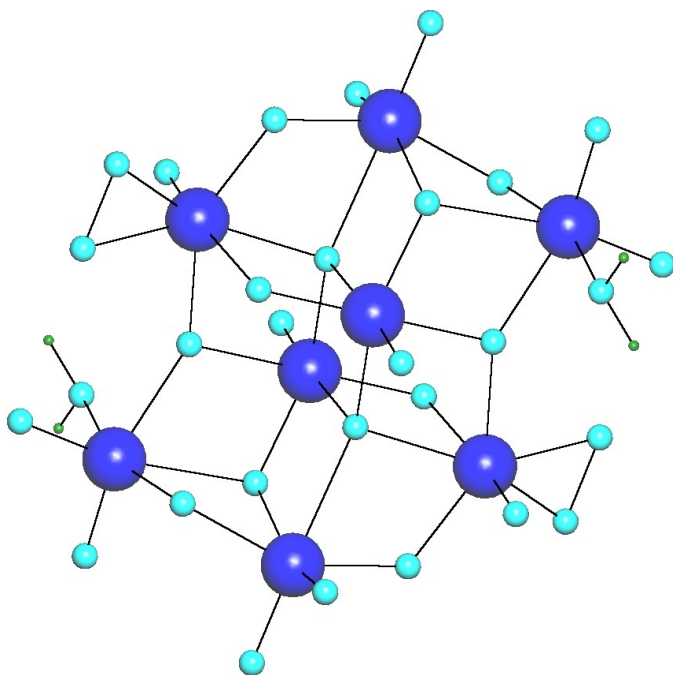
Справочная информация: константа равновесия K_p связана с термодинамическими функциями соотношением: $\Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta_r S = -RT \ln K_p$

Задания 11 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №11-1

Металл **М** кристаллизуется в структурном типе α -Fe (ОЦК решетка, атомы находятся в вершинах и в центре кубической элементарной ячейки), причем кратчайшее межатомное расстояние $d(\text{M}-\text{M})$ составляет $2,726\text{\AA}$, плотность металла равна $10,22\text{ г/см}^3$. При нагревании порошкообразного металла **М** в кислороде происходит воспламенение с образованием оксида **А** (реакция 1). Кристаллическая структура **А** построена из октаэдров MO_6 , объединенных по всем вершинам таким образом, что каждый атом кислорода является мостиковым, соединяя два атома **М** ($\text{M}-\text{O}-\text{M}$).



соединяя два атома **М** ($\text{M}-\text{O}-\text{M}$). Взаимодействие оксида **А** с концентрированным водным раствором аммиака в присутствии этанола приводит к образованию соли **В** (реакция 2), содержащей в своей структуре только тетраэдрические катионы и анионы. При растворении соли **В** в подкисленном азотной кислотой водном растворе пероксида водорода образуется желтый раствор, при медленном испарении

которого кристаллизуется комплекс **С**, содержащий анионы, структура которых представлена на рисунке (реакция 3). В элементарной ячейке комплекса (ее объем равен $1468,25\text{ \AA}^3$) содержатся 2 формульных единицы. Плотность кристаллов **С** составляет $3,157\text{ г/см}^3$.

1. Определите формулы **М**, **А**, **В**. Запишите координационную формулу аниона, выделив лиганды и указав его заряд (т.е. в виде $[\text{M}_x\text{O}_y(\text{L}_1)_z(\text{L}_2)_q]^{r-}$). Определите состав **С**, уточнив гидратный состав этого комплекса.
2. Напишите уравнения реакций 1–3. Уравнивание обязательно!

Задача №11-2

Элемент **X** относительно редко встречается во Вселенной, так как не образуется в процессе ядерного синтеза в звездах. Одним из самых распространенных минералов, образованных **X**, на Земле является **Y** (14 мас.% оксида **X**, 19% оксида алюминия, 67% диоксида кремния), название которого созвучно названию элемента **X**.

Взаимодействие раскаленного тонкоизмельченного простого вещества **X** с воздухом приводит к образованию смеси двух бинарных соединений **X₁** и **X₂** (реакции 1 и 2), причем молярная масса **X₁** меньше, чем у **X₂** в 2,2 раз. Эти вещества при нагревании взаимодействуют с соляной кислотой с получением соли **X₃** (реакции 3 и 4), а также с избытком раствора гидроксида натрия с получением соединения **X₄** (реакции 5 и 6). При пропускании газообразного фтора над раскаленным простым веществом **X** образуется соединение **X₅** (реакция 7), которое может реагировать с расплавом фторида натрия (реакция 8) или с магнием (реакция 9). Реакцию 9 можно использовать для получения простого вещества **X**, причем для полного восстановления 2,35 г **X₅** требуется 1,2 г магния.

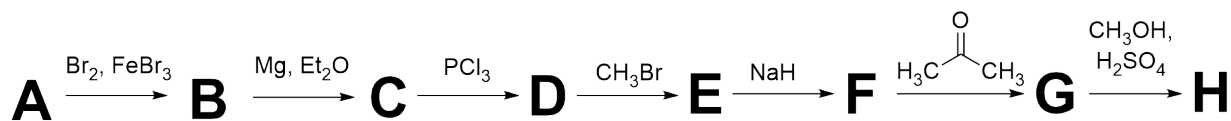
1. *Определите элемент X, ответ подтвердите расчетом.*
2. *Определите формулу минерала Y. Как он называется? Каковы области его применения?*
3. *Установите формулы веществ X₁ – X₅.*
4. *Напишите уравнения реакций 1–9.*

Задача №11-3

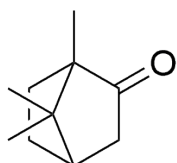
Реакция Виттига или олефинирование Виттига представляет собой химическую реакцию альдегида или кетона с реагентом Виттига, к которым можно отнести вещество **F**. Реакции Виттига чаще всего используются для превращения альдегидов и кетонов в класс соединений, к которым относится вещество **G**. В реакцию Виттига вступают даже стерически затрудненные кетоны, например камфора (см рисунок). За открытие данной реакции Георг Виттиг получил Нобелевскую премию в 1979 году.

На следующей странице представлена цепочка превращений, которая начинается с вещества **A** с массовой долей углерода, равной 92,26%. Известно, что вещество **C** вступает в реакцию с PCl_3 в соотношении 3:1, массовая доля

фосфора в соединении **Е** составляет 8,68%, а вещество **Н** имеет формулу $C_5H_{12}O$.



1. Приведите структурные формулы веществ **A–H**.
2. Какие вещества можно использовать вместо гидрида натрия в процессе превращения вещества **Е** в **F**? Приведите два примера из разных классов веществ.
3. Напишите уравнение реакции превращения камфоры под действием реагента **F**.



Камфора

Задача №11-4

Использование углекислого газа в органическом синтезе представлено большим разнообразием реакций. На схеме представлено несколько синтезов с использованием двуокиси углерода.

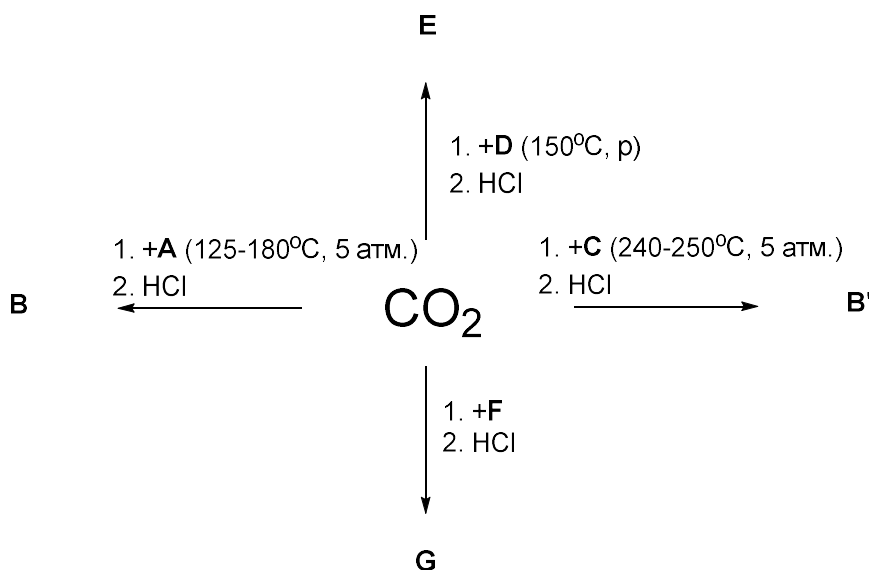


Схема получения F :	Схема получения A и C :
$ \mathbf{H} \xrightarrow[\text{(C}_2\text{H}_5)_2\text{O}]{Mg} \mathbf{F} $	$ \mathbf{A} \xleftarrow{NaOH} \mathbf{I} \xrightarrow{KOH} \mathbf{C} $

Массовая доля CO_2 в конечных соединениях:

B	B'	E	G
31,88%	31,88%	95,65%	36,07%

1. Напишите все реакции, описанные в схемах. Известно, что соединение **I** можно получить из кумола, а соединение **D** содержит 2,5% водорода.

Задача №11-5

В закрытом замкнутом сосуде при 130°C смешали CO и Cl_2 в эквимолярном соотношении, при этом образовалось вещество **X**. Через 5 минут после начала реакции давление в системе оказалось в два раза больше атмосферного, при этом скорость образования **X** равна $2,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л·мин.

При хранении **X** или CO в стальных емкостях, например при длительном нахождении в минах, образуется вещество **Y**, содержащее 28,57% железа по массе. **Y** – желтая жидкость, которая на свету фотокаталитически разлагается.

1. Установите формулы **X** и **Y**. Укажите, где и для чего раньше применялся **X**.
2. Напишите уравнения реакций CO с хлором и железом.
3. Рассчитайте давление хлора в исходной смеси (P_a) и его исходную концентрацию в моль/л.
4. Напишите уравнения реакций **X** с водой, раствором NaOH и нашатырным спиртом.