

11 класс

Задание 1.

Поглотители

Вещество с брутто-формулой $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$ сожгли в замкнутом сосуде, заполненном избытком кислорода. Содержимое сосуда после сжигания пропустили последовательно через ряд поглотительных трубок: сначала через трубку с оксидом фосфора (V), затем с оксидом марганца (IV), затем с гидроксидом калия. Масса последней трубки увеличилась на 8.8 г, а объем не поглотившегося остатка газа (н.у.) составил 5.0 л.

1. Запишите формулу сожженного вещества в привычном виде, если известно, что оно имеет ионное строение. Укажите его название.
2. Запишите уравнения реакций, протекающих в ходе пропускания смеси газов через поглотители.
3. Рассчитайте величину изменения масс трубок 1 и 2, а также объем взятого для сжигания кислорода (н.у.)
4. Теплоты сгорания водорода, углерода и серы составляют 143, 32.75 и 9.28 кДж/г соответственно. Найдите количество теплоты, выделившегося при проведении опыта, если молярная теплота образования сожженного вещества составляет +82 кДж/моль.

Задание 2.

Куда же без него

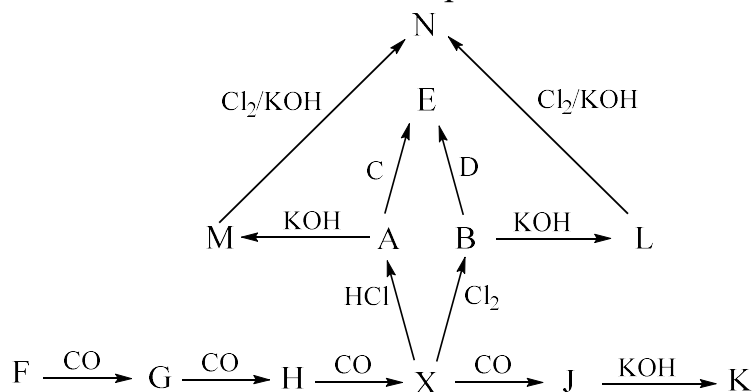
Элемент **X** с давних пор известен человечеству, и масштабы его добычи растут из года в год. Некоторые химические свойства **X** проиллюстрированы на схеме ниже. Растворение **X** в соляной кислоте даёт хлорид **A**, массовая доля хлора в котором в 1.172 раза меньше, чем в продукте прямого взаимодействия **X** с хлором, **B**.

Добавление к **A** соли **C**, а к **B** – похожей соли **D** приводит к образованию окрашенного осадка **E**. Это широко известные качественные реакции на соединения элемента **X**.

В металлургии **X**, как правило, получают из его оксидов. При этом восстановлением высшего оксида **F** угарным газом возможно получить промежуточные оксиды **G** и **H** и само простое вещество **X**, которое при определённых условиях способно реагировать с избытком угарного газа, образуя соединение **J**. При реакции **J** с раствором гидроксида калия образуется вещество **K** ($w(\text{X}) = 22.72\%$), в котором **X** проявляет необычную степень окисления.

Хлориды **X** при добавлении щёлочи образуют нерастворимые продукты **L** и **M**. Осадки **L** и **M** растворяются при пропускании через их подщелоченную взвесь газообразного хлора, что приводит к изменению цвета раствора на фиолетовый. Продукт этой реакции **N** является сильным неорганическим

окислителем. Добавление соляной кислоты к раствору, содержащему 1.98 г N, приводит к выделению 365 мл (н.у.) хлора. Соединения N и K содержат одинаковые числа атомов X, а также кислорода и калия.



1. Определите элемент X и приведите формулы соединений A–N.
2. Запишите уравнения реакций превращения L в N, взаимодействия J с гидроксидом калия, а также взаимодействия N с раствором соляной кислоты. (Уравнения всех остальных описанных реакций записывать не нужно).
3. Установите степень окисления X в соединении K.

Задание 3.

Формилирование

Одним из способов функционализации органических соединений являются реакции формилирования. Ниже приведены варианты проведения этой реакции:

Реакция	Реагент	Катализатор
Гаттермана-Коха	CO + HCl	AlCl ₃ , Cu ₂ Cl ₂
Адамса	Zn(CN) ₂ + HCl*	AlCl ₃
Вильсмейера-Хаака	X*	Y

*с последующей обработкой водой

1. Приведите структурную формулу основных продуктов гидроформилирования бензола; толуола; нитробензола.

В реакции Гаттермана-Коха в качестве промежуточной частицы, реагирующей с бензольным кольцом, выступает незаряженная молекула, образующаяся при взаимодействии неорганических реагентов.

2. Приведите структурную формулу данной молекулы.

Для реакции Адамса в качестве промежуточной частицы предполагается молекула состава C₂N₂H₃Cl, не содержащая разветвлений, циклов и связей между одинаковыми элементами.

3. Приведите структурную формулу предполагаемого интермедиата.

В качестве реагента в реакции Вильсмейера-Хаака используется органическое соединение **X**, широко применяемое также в качестве растворителя. Массовое содержание кислорода и азота в нём составляет 21.89 % и 19.16 % соответственно.

4. Установите брутто-формулу и приведите структурную формулу **X**. Какое название носит данное соединение?

Катализатор для реакции Вильсмейера-Хаака получают частичным гидролизом высшего галогенида **Z** по уравнению: $Z + H_2O = Y + 2HCl$. При этом массовая доля хлора в **Y** на 15.76 % ниже, чем в **Z**.

5. Установите формулы соединений **Y** и **Z**.

Задание 4.

Хром как лекарство



Пиколинат хрома – препарат, используемый для лечения сахарного диабета и содержащий в качестве активного компонента органическую соль трёхвалентного хрома ($w(Cr) = 12.43\%$).

Для подтверждения состава этой соли провели следующий опыт. 1.000 г соли сожгли в избытке кислорода, получив 0.182 г твёрдого продукта и газовую смесь. После конденсации паров воды смесь оставшихся газов пропустили через раствор гидроксида калия, после чего ее объём уменьшился в 13 раз. Известно, что органическая кислота, образующая соль, содержит в своем составе четыре элемента.

1. Установите брутто-формулу соли.

Координационное число хрома в молекуле соединения равно 6, при этом каждый из лигандов связан с хромом атомами двух разных элементов.

2. Изобразите структурную формулу соли

Одна капсула препарата имеет цилиндрическую форму с диаметром 5.0 мм и длиной 10.0 мм; плотность таких капсул равна 1.4 г/см³. При этом каждая капсула содержит по 200 мкг Cr(III).

3. Установите массовое содержание активного компонента в препарате (в %).

Задание 5.

Растворы и осадки

Для термодинамического описания процессов растворения малорастворимых соединений используют величину, называемую произведением растворимости (ПР), которая для реакции растворения ионного соединения K_nA_m :



может быть записана следующим образом:

$$ПР = [K^{z^+}]^n[A^{z^-}]^m$$

где $[K^{z^+}]$ и $[A^{z^-}]$ – равновесные молярные концентрации (моль/л) катиона и аниона, соответственно. Произведение равновесных концентраций в соответствующих степенях не может превышать значение произведения растворимости; если это происходит, то образуется осадок малорастворимого соединения.

1. Запишите выражения для произведения растворимости следующих соединений: $Al(OH)_3$, $CaCO_3$, $MgNH_4PO_4$.

Другой способ выражения растворимости соединений – отношение массы растворённой соли в насыщенном растворе к массе воды. Здесь и далее полагайте плотность всех растворов равной 1 г/мл.

2. Растворимость хлорида свинца составляет 0.474 г/100 г воды. Чему равно произведение растворимости хлорида свинца?

3. Произведение растворимости сульфата бария равно $1.1 \cdot 10^{-10}$. Вычислите растворимость данного вещества, выраженную в г в-ва/100 г воды.

Во многих случаях равновесия над несколькими различными малорастворимыми соединениями устанавливаются независимо друг от друга.

4. К раствору, содержащему 0.02 М OH^- , 0.02 М SO_4^{2-} и 0.002 М PO_4^{3-} , по каплям добавляют насыщенный раствор нитрата кальция. В каком порядке будут осаждаться гидроксид, сульфат и фосфат кальция, если соответствующие произведения растворимости равны $5.5 \cdot 10^{-6}$, $1.3 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-29}$?