Время выполнения задания – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

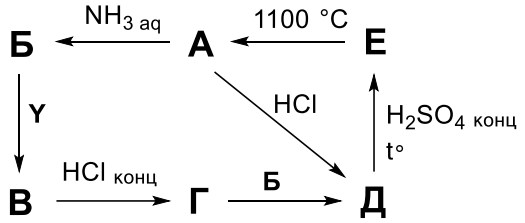
Задание 1. (5 баллов) Концентрация серной кислоты в растворе 20 % (по массе). Найдите концентрацию, выраженную в г/дм^3, если плотность раствора составляет 1,14 г/см^3?

Задание 2. (5 баллов) Молекула воды имеет угловую форму с валентным углом 106°. Длина связи O–H равна 0,96 Å, а вандерваальсовы радиусы атомов r_H = 1,19 Å, r_O = 1,52 Å. Рассчитайте, каким должен быть минимальный размер пор, чтобы в них могла проникнуть молекула воды.

Задание 3. (20 баллов) Колбу, содержащую 200 мл свежеприготовленной хлорной воды, оставили на солнечном свету. Выделившийся из раствора газ пропустили над нагретой медной сеткой, в результате чего произошло увеличение ее массы на 3,2 г. Определите концентрацию вещества, оставшегося в колбе после выделения всего газа. Изменением объема раствора пренебречь.

Задание 4. (20 баллов) В одном из распространенных удобрений указано массовое содержание ключевых элементов: азота 10 %, фосфора 26 %, калия 26 %. Сообщается также, что оно подходит для всех типов почв. Дайте обоснованный ответ, является ли это удобрение индивидуальным соединением. Определите мольные доли ионов, входящих в состав удобрения. Чем обусловлена возможность применения данного удобрения на разных типах почв?

Задание 5. (20 баллов) Ниже приведена схема превращений соединений элемента **X**. Соль **E** содержит 20 % серы по массе. Вещества **A**, **B** и **Д** являются осадками красно-оранжевого, кирпично-красного и белого цвета соответственно. Соединения **Б** и **Г** получаются в виде бесцветных растворов. Помимо газа **Y**, есть и другие газы с плотностью в диапазоне 1,16–1,52 г/л (н.у.), способные реагировать с **Б**. С одним из них (**Z_1**) выпадает черный осадок, а с другим (**Z_2**) раствор приобретает тёмно-синюю окраску. Расшифруйте все вещества, приведите уравнения упомянутых реакций.



Задание 6. (30 баллов) Семь сосудов пронумерованы от 1 до 7. В них находятся растворы веществ: $AgNO_3$, K_2CO_3, CH_3COOH, $Cu(NO_3)_2$, Na_2SO_4, $Ba(OH)_2$, ZnI_2. Сульфат натрия находится в сосуде № 1. Карбонат калия взаимодействует с содержимым сосуда № 2 с выделением углекислого газа. Содержимое сосуда № 4 образует с содержимым сосуда № 1 белый осадок. Содержимое сосудов № 4 и 5 при сливании образуют осадок голубого цвета. Сливание содержимого сосудов № 6 и 7 приводит к образованию желтого осадка. Если к содержимому сосуда № 6 постепенно приливать содержимое сосуда № 4, то сперва выпадает белый осадок, который при дальнейшем добавлении раствора растворяется. Определите, какой реагент в каком сосуде находится. Приведите уравнения указанных реакций.

Время выполнения задания – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

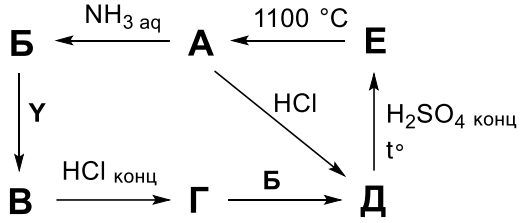
Задание 1. (5 баллов) Концентрация азотной кислоты в растворе 4 % (по массе). Найдите концентрацию, выраженную в г/дм^3, если плотность раствора составляет 1,13 г/см^3?

Задание 2. (5 баллов) Напишите реакцию смешанного хлорид-гипохлорита кальция с соляной кислотой и с угольной кислотой.

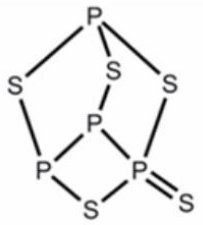
Задание 3. (20 баллов) Навеску 3,48 г, состоящую из двух гидроксидов хрома, растворили в избытке соляной кислоты. При добавлении к раствору избыточного количества щелочи образовался осадок массой 2,77 г. Через фильтрат пропустили углекислый газ до прекращения выпадения осадка. Все реакции проведены в инертной атмосфере. Найдите массу второго осадка. Напишите уравнения реакций.

Задание 4. (20 баллов) 41,8 г смеси солей, состоящей из карбоната, нитрата и сульфата натрия, обработали 20 %-ным раствором серной кислоты массой 98 г. При этом выделилось 2,24 л газа. При последующей обработке полученного раствора избытком хлорида бария выпал осадок массой 69,9 г. Определите количественный состав исходной смеси в мольных долях.

Задание 5. (20 баллов) Ниже приведена схема превращений соединений элемента **X**. Соль **E** содержит 20% серы по массе. Вещества **A**, **B** и **Д** являются осадками красно-оранжевого, кирпично-красного и белого цвета соответственно. Соединения **Б** и **Г** получаются в виде бесцветных растворов. Помимо газа **Y**, есть и другие газы с плотностью в диапазоне 1,16–1,52 г/л (н.у.), способные реагировать с **Б**. С одним из них (**Z_1**) выпадает черный осадок, а с другим (**Z_2**) раствор приобретает тёмно-синюю окраску. Расшифруйте все вещества, приведите уравнения упомянутых реакций. (**20 баллов)**



Задание 6. (30 баллов) Головки спичек, которые можно зажечь о любую поверхность, содержат смесь сексвисульфида фосфора P_4S_3 и хлората калия $KClO_3$. Напишите уравнение реакции, происходящую между этими двумя веществами при воспламенении спичечной головки. Рассчитайте массовое соотношение, в котором сексвисульфид фосфора и хлорат калия должны быть смешаны для оптимального состава спичечной головки.



P_4S_5

Сульфиды фосфора можно получить путем нагревания белого фосфора с серой. Когда эту реакцию проводят при низкой температуре, образуется ряд продуктов от P_4S_3 до P_4S_{10}. При этом структура продуктов основана на тетраэдрической структуре белого фосфора, на первых стадиях происходит постепенное внедрение атомов серы по связям P–P, а при более высоких степенях окисления фосфора происходит его частичный переход в пятивалентное состояние за счет образования двойной связи с серой. В качестве примера представлена структура P_4S_5.

В изображенном примере все атомы отличаются друг от друга, нет симметрии, но в других соединениях она есть. Изобразите структурные формулы сульфидов фосфора исходя из следующих данных о них:

1) P_4S_3 имеет ось симметрии третьего порядка (молекула совмещается сама с собой при повороте на 120°.
2) P_4S_4 существует в виде двух изомеров, в одном из них есть только одна зеркальная плоскость, а в другом две; при этом во втором изомере все атомы фосфора и серы получаются идентичны друг другу (накладываются при «отзеркаливании»).
3) P_4S_6 имеет одну плоскость симметрии и один пятивалентный атом фосфора.

Время выполнения задания – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

Задание 1. (5 баллов) Концентрация фосфорной кислоты в растворе 11 моль/дм^3. Плотность раствора 1,53 г/см^3. Какова массовая доля фосфорной кислоты в этом растворе?

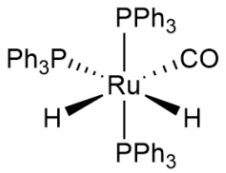
Задание 2. (5 баллов) Медный купорос при прокаливании потерял 71,3% массы. Напишите формулу продукта прокаливания.

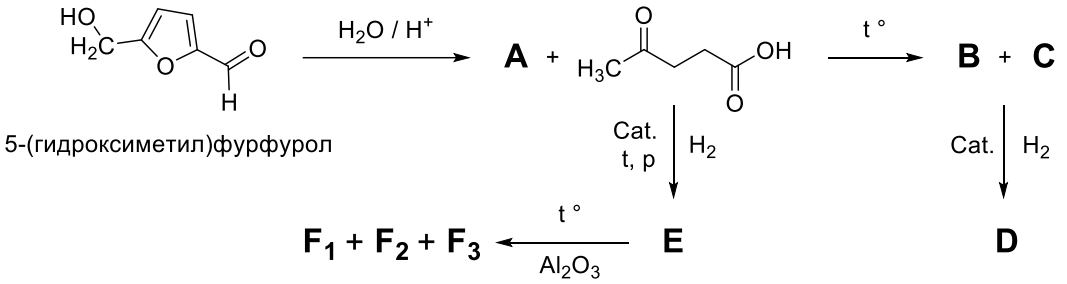
Задание 3. (20 баллов) При проведении вольтамперометрического определения ионов металлов получают полярограммы, на которых концентрация металла в растворе (C) пропорциональна высоте полярографической волны (h):

$$C=K*h$$

Для определения содержания ионов цинка воспользовались методом стандартного раствора. На полярограмме 100 см^3 стандартного раствора хлорида цинка с концентрацией $1*10^{-4}$ г/см^3 высота волны оказалась равна 55 мм. Навеску сплава, содержащего цинк, массой 0,521 г растворили в хлороводородной кислоте. При полярографировании 100 см^3 полученного раствора высота волны составила 48 мм. По приведенным данным рассчитайте массовую долю в сплаве.

Задание 4. (20 баллов) Использование возобновляемых ресурсов для получения органических реагентов и топлива является важным направлением преобразования природопользования. Одним из первичных производных, получаемых из углеводов, является 5-(гидрокиметил)фурфурол, при кислотном гидролизе которого можно получить эквимолярное количество соединения **A** (жидкость) и левулиновой кислоты. При сильном нагреве левулиновая кислота превращается в смесь изомерных соединений **B** и **C**, не проявляющих кислотных свойств, каталитическое гидрирование которых приводит к одному и тому же продукту **D**. При гидрировании левулиновой кислоты в жестких условиях получается производное **E**, способное при дегидратации давать три изомерных продукта. Изобразите структуру всех зашифрованных соединений. Слева представлен один из катализаторов гидрирования. Напишите степень окисления рутения в нем и все его пространственные изомеры.





Задание 5. (20 баллов) Вы наверняка слышали о радиоуглеродном методе датировки исторических объектов растительного происхождения. Он связан с измерением содержания радиоактивного изотопа ^{14}C в объекте и основан на том, что этот изотоп не меняет концентрацию в природе, так как образуется постоянно из-за космического излучения, интенсивность которого мало менялась за последние десятки тысяч лет. Живое растение активно обменивает углерод с атмосферой и имеет природное содержание, а мертвое постепенно теряет его из-за радиоактивного распада с $T_{1/2}$ = 5730 лет. Число атомов ^{14}C, оставшихся к данному моменту в образце равно $N = N_0 \cdot (½)^{t/T½}$. Природное содержание ^{14}C характеризуется активностью 13,6 распадов в минуту в расчете на 1 г углерода. Активность образца, взятого из деревянного идола, составила 11,6 распадов в минуту в расчете на 1 г углерода. Учитывая погрешность измерения ±0,2 распада, определите возможный диапазон возраста идола. Какой максимальный возраст образца можно определить при такой точности? Какова мольная доля ^{14}C в природной смеси? Год примите за 365 дней.

Задание 6. (30 баллов) Если поместить некоторую соль аммония в коническую колбу и добавить умеренно концентрированного раствора соляной кислоты, то получится прозрачный раствор желтого цвета. При добавлении нескольких гранул цинка к полученному раствору, появляются пузырьки газа. Раствор постепенно меняет окраску на голубую, зеленую, и, наконец, фиолетовую при нагревании. Приведите уравнения протекающих при этом реакций. Назовите соединения, которые ответственны за окраску описанных растворов.

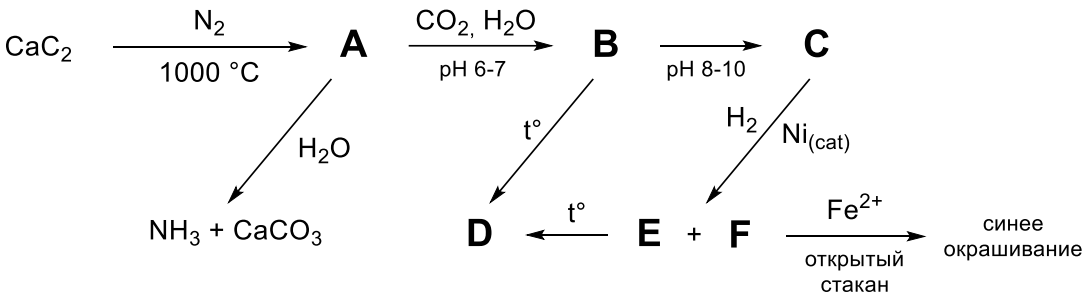
Время выполнения задания – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

Задание 1. (5 баллов) Концентрация хлорной кислоты в растворе 8 моль/дм^3. Плотность раствора 1,47 г/см^3. Какова массовая доля хлорной кислоты в этом растворе?

Задание 2. (5 баллов) Бромид цезия имеет кубическую объемоцентрированную кристаллическую решетку с ребром 0,429 нм (в каждой вершине куба один сорт ионов, в центре – противоион). Рассчитайте теоретическую плотность бромида цезия.

Задание 3. (20 баллов) Хлорид некоторого металла в растворе имеет фиолетовую окраску. Если к фиолетовому раствору данного хлорида добавлять небольшими порциями подкисленный раствор перманганата калия, то раствор постепенно поменяет окраску сперва на зеленую, потом на голубую и, наконец, на желтую. Приведите уравнения реакций, протекающих при добавлении перманганата калия. Назовите соединения, которые ответственны за окраску описанных растворов.

Задание 4. (20 баллов) Две пластинки одинаковой массы изготовлены из одного металла. Этот металл в соединениях может проявлять степень окисления +2. Пластинки опустили в растворы солей меди и серебра одинаковой концентрации. Через некоторое время пластинки вынули, аккуратно промыли (чтобы весь осадок остался на пластинках), высушили и взвесили. Масса первой пластинки увеличилась на 0,8 %, второй – на 16 %. Из какого металла изготовлены пластинки

Задание 5. (20 баллов) Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно отличить **водные растворы** уксусной кислоты, хлоруксусной кислоты, молочной (2-гидроксипропановой) кислоты, глицина (аминоуксусной кислоты), ацетата аммония и гидрооксалата калия.

Задание 6. (30 баллов) Карбид кальция способен поглощать азот при прокаливании до 1000 °C с образованием вещества **A**, которое отделяют от чёрного побочного продукта растворением в холодной воде. Вещество **A** при длительном контакте с водой или кипячении полностью гидролизуется, образуя только аммиак и карбонат кальция. Если через раствор **A** пропускать ток углекислого газа, поддерживая pH 6–7, образуется соединение **B**, способное димеризоваться в слабощелочной среде с образованием **C** и тримеризоваться при нагревании с образованием **D**. Вещество **C** при каталитическом гидрировании превращается в **E** и **F**. При добавлении к раствору **F** соли железа(II) в открытом стакане происходит его посинение, постепенно выпадает синий осадок. Соединение **E** обладает основными свойствами, образуя соль даже с угольной кислотой, при этом переходит в катион, имеющий ось симметрии третьего порядка. При нагревании **E** может превращаться в **D**, также имеющее ось симметрии третьего порядка. Изобразите структурные формулы соединений **A**–**F**, напишите реакции образования **A** и **B** и взаимодействия **E** с угольной кислотой. Какое непромышленное применение имело соединение **A**? Соединение **D** с избытком формальдегида образует полимер, изобразите его примерную структуру.