

Заключительный этап. 11 класс. Вариант 1. Условия.

Задание № 1.

Ученик Вова любит химию и особенно похимичить без надзора учителя. В один удачный день он оказался в кабинете химии один. Учитель подготовил растворы для эксперимента, но его срочно вызвали к директору. Вова увидел три раствора. На одном была строгая надпись «едкое», на голубом растворе надпись «яд». На третьем растворе надписи не было. Вова рискнул и попробовал на вкус. Раствор оказался сладким. Вова начал экспериментировать.

Опыт №1. Смешал 2 мл едкого раствора и 2 мл голубого. Выпал синий осадок.

Опыт №2. Смешал 2 мл едкого раствора и 2 мл сладкого. Никаких изменений не наблюдалось.

Опыт №3. Смешал 2 мл голубого раствора и 2 мл сладкого. Видимых изменений не наблюдалось.

Опыт №4. Взял синий осадок из первого опыта и прилил 2 мл сладкого раствора. Всё тщательно перемешал.

Началась череда изменений цвета в пробирке. Синий осадок растворился, раствор стал фиолетовым (ярко-синим). Вова опустил эту пробирку в горячую воду. Появились оттенки зелёного, раствор помутнел и пожелтел. Тут вернулся учитель и наказал Вову: «Пока не напишешь уравнения всех реакций, не объяснишь все цветовые изменения, из кабинета не уйдёшь». Вова долго пытался, написал всё, учитель проверил, но попросил ещё раз взглянуть на раствор. На дне пробирки лежал красный осадок. Что это? Вова ответил. «Молодец» - похвалил учитель и решил поощрить Вову. Он достал из сейфа чёрную колбу с надписью «Бережь от света» с прозрачным раствором и разрешил провести реакцию с красивым названием. Выполните и вы задания учителя.

Напишите уравнения всех реакций.

Все углеводы подвергаются под действием ферментов брожению. Напишите известные вам реакции брожения углевода в приготовленном учителем растворе.

Задание № 2.

Условно все бинарные соединения можно разбить на три типа. Металл-неметалл, неметалл-неметалл, металл-металл. Составы последних не всегда соответствуют ожидаемым согласно валентностям элементов.

Твёрдое серое бинарное соединение А массой 42,42 г обработали 4% раствором гидроксида натрия, масса раствора 100 г. Масса раствора по завершении реакции выросла до 102,2 г. Новых веществ в растворе не образовалось. Объём раствора был доведён до 200 мл. На нейтрализацию 10 мл этого раствора потребовалось 20 мл раствора серной кислоты концентрации 0,25 моль/л.

Продуктами реакции являются также ещё два вещества. Жидкость Ж, в которой не утонет даже Железный Дровосек. Газ Г, которым в Москве во время войны наполняли аэростаты заграждения.

Определите вещества А, Ж, Г.

Напишите уравнения реакций вещества А с этанолом, соляной и разбавленной серной кислотой.

Порцию вещества А массой 42,42 г растворили в 300 г 63% азотной кислоты. Приняв, что в реакции выделяется только один газ, рассчитайте массу этого газа, а также массовые концентрации (%) веществ в конечном растворе. Считать все вещества полностью растворимыми в этих условиях.

Задание № 3.

Раствор хлоридов меди и калия подвергли электролизу на инертных электродах. Масса начального раствора равна 200 г. Масса катода за время электролиза увеличилась на 6,35 г. На аноде за время электролиза выделялся только один газ, объём газа равен 3,36 л (н.у.). Растворимостью этого газа в растворе можно пренебречь. В растворе после электролиза содержалось только одно вещество.

Определите массу раствора после электролиза и массовую долю (%) вещества в растворе. Объём раствора довели дистиллированной водой до 1 л.

Рассчитайте значение pH этого раствора при температуре 25 °С. $K_{\text{ион}}=10^{-14}$ (моль/л)².

Задание № 4.

Для измерения теплового эффекта реакции нейтрализации ученик провёл ряд опытов.

Опыт №1. В стеклянный хорошо изолированный стакан (калориметр) влито 200 г дистиллированной воды и опущен термометр. Через 10 минут температура установилась на значении 20,00 °С. При перемешивании в калориметр всыпали 5,0 г хлорида калия той же температуры. Температура в калориметре понизилась до 18,75 °С. Справочная удельная теплота растворения хлорида калия равна 228 Дж/г.

Опыт №2. В калориметр влито 200 г дистиллированной воды, начальная температура 20,00 °С. При перемешивании в калориметр всыпано 5,0 г гидроксида калия. Температура повысилась до 25,00 °С.

Опыт №3. В калориметр влито 200 мл соляной кислоты концентрации $C=0,16$ моль/л. Начальная температура 20,00 °С. При перемешивании в калориметр всыпано 2,5 г гидроксида калия. Температура повысилась до 24,50 °С.

Рассчитайте мольную теплоту реакции нейтрализации между сильной кислотой и сильной щёлочью в кДж/моль. Почему теплота нейтрализации между различными сильными кислотами и сильными основаниями одна и та же в расчёте на один моль образовавшейся воды? Как будет меняться рН нейтральной воды при повышении температуры?

Объясните эндотермичность растворения хлорида калия ($t_{пл}=776$ °С) и экзотермичность растворения гидроксида калия ($t_{пл} = 404$ °С).

Вычислите конечную температуру в калориметре, если при температуре 20,0 °С слить 100 мл разбавленной серной кислоты концентрации 0,2 моль/л и 100 мл раствора гидроксида натрия концентрации $C=0,3$ моль/л. Плотности разбавленных растворов и удельные теплоёмкости этих растворов практически равны характеристикам воды. Все опыты проводились при одних условиях.

Задание № 5.

В медицине используется лекарство А, имеющее следующий количественный состав: массовые доли $\omega(C)=65,45\%$, $\omega(H)=6,67\%$, $\omega(O)=19,39\%$, $\omega(N)=8,48\%$. При щёлочном гидролизе А раствором гидроксида натрия образуется спирт и соль с массовой долей азота $\omega(N)=8,80\%$. При кислотном гидролизе А соляной кислотой образуется спирт и соль с массовой долей азота $\omega(N)=8,07\%$.

Определите соединение А. Дайте его название по номенклатуре УРАС, в бензольном кольце два положения атомов водорода.

Предложите схему синтеза лекарства А, исходя из бензола, метана и всего необходимого набора неорганических соединений и оборудования.

Напишите уравнения всех химических реакций и условия проведения.

Определите органические соединения. Дайте названия этим соединениям.

Задание № 6.

Бинарное соединение элементов одного периода – бесцветный газ Х, масса молекулы Х равна $117, 9 \times 10^{-24}$ г. При определённых условиях это соединение гидролизуеться в воде с образованием раствора двух относительно слабых кислот. Для нейтрализации этого раствора потребовалось 178,8 мл раствора аммиака массовой концентрации 12% и плотностью раствора 0,95 г/мл. Полученный раствор был разделён на три равных части.

Первую порцию прокипятили и в растворе осталось только одно вещество. Далее из этого раствора была удалена вода кипячением. Остались бесцветные кристаллы. Их поместили в термостойкую пробирку и прокалили. Кристаллы возогнались без остатка, на холодной части пробирки сублимировались белые кристаллы.

Вторую порцию слили с 100 г раствора нитрита магния с массовой концентрацией 17,45%. Выпал осадок массой 9,35 г. В растворе осталось одно вещество. Раствор отфильтровали и упарили в вакууме при низкой температуре. Получены белые кристаллы. Их поместили в термостойкую пробирку и прокалили. Кристаллы возогнались без остатка. На холодной части пробирки появились капельки жидкости.

Третью порцию раствора упарили в вакууме при низкой температуре. Полученные безводные кристаллы поместили в прочный реактор объёмом 10 л. В реакторе создали вакуум. Далее реактор нагрели до температуры 200 °С.

Рассчитайте давление в реакторе. Реактор охладили до 0 °С.

Рассчитайте давление при этой температуре и массу конденсированной фазы.

Определите вещество X, укажите степени окисления элементов в X.

Напишите уравнения всех химических реакций, объясните все наблюдаемые явления при кипячении растворов и прокаливании кристаллов.

Заключительный этап. 11 класс. Вариант 2. Условия.

Задание № 1.

Ученик Вова любит химию. В один удачный день он обнаружил в домашней аптечке коробочку с белыми таблетками без надписи. Вова решил определить, что это. Вова принёс таблетки в кабинет химии. Обсудил с учителем план исследования. Вова попробовал на вкус таблетку, сладковатая. Наверно какой-то углевод. Вова начал экспериментировать. Определил вес одной таблетки – 0,50 г. Растворил три таблетки в дистиллированной воде и довёл в мерной колбе раствор до 200 мл. При помощи рН-метра измерил кислотность раствора. $\text{pH} = 7,2$. Практически нейтральная среда, что характерно для углеводов. Приступил к опытам, подтверждающим это предположение.

Опыт №1. Приготовил свежевывающийся осадок гидроксида меди. Смешал 2 мл раствора NaOH и 2 мл раствора CuSO_4 . Выпал синий осадок.

Опыт №2. Взял синий осадок из первого опыта и прилил 2 мл раствора из колбы. Всё тщательно перемешал. Синий осадок растворился, раствор стал ярко-синим. Вова опустил эту пробирку в горячую воду. Никаких ожидаемых изменений не наблюдалось. Вова попытался провести реакцию «серебряного зеркала», результат был отрицательный. Озадаченный Вова обратился к учителю за помощью. «Проведи количественные реакции твоего вещества с кислотой и щёлочью» - посоветовал учитель. В лаборатории имелись растворы соляной кислоты с $\text{pH} = 1,0$ и раствор гидроксида натрия с $\text{pH} = 13,0$. Вова провёл титрование между этими растворами и исследуемым раствором из колбы, измеряя pH раствора.

Опыт №3. В колбу для титрования влил 20 мл раствора кислоты и из бюретки небольшими порциями стал при перемешивании приливать исследуемый раствор. Начальное значение $\text{pH} = 1,0$ вначале медленно росло, затем рост резко усилился при приливании 20 мл раствора из бюретки и дальше значение pH практически не менялось, оставаясь меньше 7.

Опыт №4. В колбу для титрования влил 20 мл раствора щёлочи и из бюретки небольшими порциями стал при перемешивании приливать исследуемый раствор. Начальное значение $\text{pH} = 13,0$ вначале медленно уменьшалось, затем падение резко усилилось при приливании 20 мл раствора из бюретки и дальше значение pH практически не менялось, оставаясь больше 7.

Проанализировав результаты, Вова провёл необходимые расчёты и определил содержимое коробочки. Сделайте и Вы это определение.

Предложите схему синтеза этого соединения из неорганических веществ.

Укажите условия проведения химических реакций.

Какова роль этого соединения в живой природе? Напишите важнейшее уравнение биологии.

Задание № 2.

Условно все бинарные соединения можно разбить на три типа. Металл-неметалл, неметалл-неметалл, металл-металл. Составы последних не всегда соответствуют ожидаемым согласно валентностям элементов.

Твёрдое серое бинарное соединение А массой 44,72 г обработали водой, масса 100 г. Масса раствора после реакции выросла до 104,4 г. Фенолфталеин в растворе дал красное окрашивание. Объём раствора был доведён до 200 мл. На нейтрализацию 10 мл этого раствора потребовалось 20 мл раствора серной кислоты концентрации 0,25 моль/л.

Продуктами реакции являются также ещё два простых вещества. Жидкость Ж, в которой не утонет даже серебряная ложечка. Газ Г, объём 2,24 л (н.у.), которым граф Цепелин наполнял свои дирижабли.

Определите вещества А, Ж, Г.

Напишите уравнения реакций вещества А с этанолом, соляной и разбавленной серной кислотой.

Порцию вещества А массой 44,72 г растворили в 300 г 63% азотной кислоты. Приняв, что в реакции выделяется только один газ, рассчитайте массу этого газа, а также массовые концентрации (%) веществ в конечном растворе. Считать все вещества полностью растворимыми в этих условиях.

Задание № 3.

Раствор нитратов меди и серебра подвергли электролизу на инертных электродах. Масса начального раствора равна 200 г. Масса катода за время электролиза увеличилась на 23,5 г. На аноде за время

электролиза выделялся только один газ, объём газа равен 2,8 л (н.у.). На катоде газ не выделялся. В растворе после электролиза содержалось только одно вещество. К данному раствору прилили 50 г раствора аммиака с массовой концентрацией 17%. Раствор упарили, полученные кристаллы прокалили при 250 °С. Кристаллы разложились без сухого остатка. Продукты разложения охладили до нормальных условий.

Напишите уравнения всех реакций.

Рассчитайте массу раствора после электролиза и массовую долю растворённого вещества в нём.

Рассчитайте массу кристаллов после упаривания нейтрализованного раствора.

Вычислите массу конденсированной фазы и объём газа в реакции разложения кристаллов (н.у.).

Задание № 4.

Для измерения теплового эффекта реакции нейтрализации ученик провёл ряд опытов.

Опыт №1. В стеклянный хорошо изолированный стакан (калориметр) влило 200 г дистиллированной воды и опущен термометр. Через 10 минут температура установилась на значении 20,0 °С. При перемешивании в калориметр всыпали 5,0 г нитрата калия той же температуры. Температура в калориметре понизилась до 18,0 °С. Справочная удельная теплота растворения нитрата калия равна 347 Дж/г.

Опыт №2. В калориметр влило 200 г дистиллированной воды, начальная температура 20 °С. При перемешивании в калориметр всыпано 5,0 г гидроксида калия. Температура повысилась до 25,5 °С.

Опыт №3. В калориметр влило 200 мл соляной кислоты концентрации $C=0,2$ моль/л. Начальная температура 20,0 °С. При перемешивании в калориметр всыпано 2,6 г гидроксида калия. Температура повысилась до 25,5 °С.

Рассчитайте мольную теплоту реакции нейтрализации между сильной кислотой и сильной щёлочью в кДж/моль.

Почему теплота нейтрализации между различными сильными кислотами и сильными основаниями одна и та же в расчёте на один моль образовавшейся воды? Как будет меняться рН нейтральной воды при повышении температуры?

Объясните эндотермичность растворения нитрата калия и экзотермичность растворения гидроксида калия.

Вычислите конечную температуру в калориметре, если при температуре 20,0 °С слить 100 мл разбавленной серной кислоты концентрации 0,2 моль/л и 100 мл раствора гидроксида натрия концентрации $C=0,3$ моль/л.

Плотности разбавленных растворов и удельные теплоёмкости этих растворов практически равны характеристикам воды. Все опыты проводились при одних условиях.

Задание № 5.

Для определения состава и структуры органического вещества X были проделаны следующие исследования.

Порция вещества X массой 16,5 г сожжена в кислороде. Получена смесь газов объёмом 21,28 л (н.у.). При пропускании этой смеси газов через избыток раствора гидроксида калия объём уменьшился до 1,12 л. Масса раствора гидроксида калия увеличилась на 39,6 г. Продуктом реакции является также вода массой 9,9 г.

При щёлочном гидролизе X раствором гидроксида натрия образуется спирт и соль с массовой долей натрия $\omega(\text{Na})=14,47\%$. При кислотном гидролизе X соляной кислотой образуется спирт и соль с массовой долей кислорода $\omega(\text{O})=18,44\%$.

Определите соединение X. Дайте его название по номенклатуре УРАС, в бензольном кольце два положения атомов водорода.

Предложите схему синтеза X, исходя из бензола, метана и всего необходимого набора неорганических соединений и оборудования.

Напишите уравнения всех химических реакций и условия проведения.

Определите органические соединения. Дайте названия этим соединениям.

Задание № 6.

Бинарное соединение элементов одной группы – бесцветный газ X, масса молекулы X равна $216,7 \times 10^{-24}$ г. При определённых условиях это соединение гидролизуеться в воде с образованием раствора сильной и

относительно слабой кислот. При пропускании через 200 мл воды поглотилось 1,12 л (н.у.) газа X. Для нейтрализации этого раствора потребовалось 855 г раствора гидроксида бария массовой концентрации 3,0%. В растворе осталось только одно вещество и выпал осадок массой 21,9г. Раствор отделили от осадка и прилили 50 мл серной кислоты концентрации 0,5 моль/л. Выпал осадок массой 5,83 г. В растворе осталось одно вещество. Через раствор пропустили сероводород, поглотилось 0,84 л (н.у.). В растворе образовались две сильные кислоты. К раствору прилили 78.1 г раствора хлорида бария с массовой концентрацией 10%. Выпал осадок 8,75 г, в растворе осталась только одна сильная кислота.

Определите вещество X, укажите степени окисления элементов в X.

Напишите уравнения всех химических реакций.

Заключительный этап. 11 класс. Вариант 1. Решения и критерии оценивания.

Задание № 1. Решение.

Определение состава растворов.

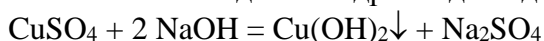
Голубой раствор «яд» содержит соль меди. CuSO_4 (вариант). **1 балл**

Раствор с надписью «едкое» это щёлочь. NaOH (вариант). **1 балл**

Сладкий раствор – раствор углевода. Возможные варианты: глюкоза, фруктоза, сахароза.

1 балл

Опыт № 1. Осаждение гидроксида меди.



Голубой синий

1 балл

Опыт № 2. Реакции между раствором щёлочи и углеводом не происходит.

Опыт № 3. Углеводы практически нейтральные соединения, поэтому заместить серную кислоту в сульфате меди не могут.

Опыт № 4. Углеводы – многоатомные спирты и с гидроксидом меди образуют растворимый комплекс фиолетового (ярко-синего) цвета (написание структуры комплекса не обязательно).

1 балл

Дальнейшие изменения с раствором при нагревании указывают на протекание окислительно-восстановительной реакции с участием гидроксида меди и альдегидной группы углевода. Это значит, что углевод – глюкоза.



глюконовая к-та жёлтый

1 балл

Смешение синего цвета и жёлтого даёт зелёный цвет в начале реакции, в растворе есть синий сульфат меди и жёлтый гидроксид меди (I).

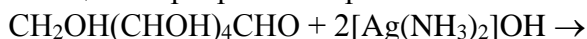
Гидроксид одновалентной меди постепенно теряет воду:



жёлтый красный

1 балл

Реакция «серебряного зеркала»:



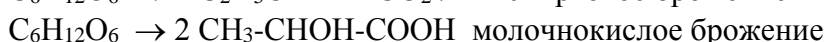
1 балл

Принимается вариант с оксидом серебра.

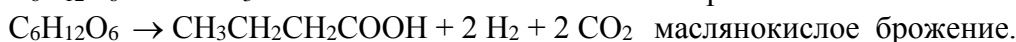
Реакции брожения глюкозы (указание типа фермента необязательно).



1 балл



1 балл



1 балл

Принимаются и другие виды брожения. **Всего за реакции брожения максимально даётся 2 балла.**

Итого 10 баллов

Задание № 2. Решение.

Анализируя условия задачи, следует вывод, что бинарное соединение включает натрий, так как реакция с раствором гидроксида натрия увеличивает его количество в растворе. Жидкость Ж – это ртуть, с плотностью гораздо большей плотности железа. Следовательно соединение А – это амальгама ртути и натрия.

2 балла

Рассчитаем количество и массу натрия в образце. При реакции с раствором гидроксида натрия реакция идёт между А и водой с образованием дополнительного количества гидроксида натрия. Общее количество гидроксида натрия в 200 мл конечного раствора щёлочи определяется по результатам титрования.



2 моль 1 моль

Количество гидроксида натрия в 200 мл $n = 1,0 \times 0,2 = 0,2$ моль.

В начальном растворе количество гидроксида натрия 0,1 моль.

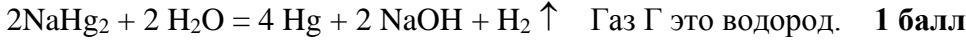
За счёт реакции образовалось 0,1 моль гидроксида натрия.

Следовательно в соединении А 0,1 моль натрия, масса 2,3 грамма.

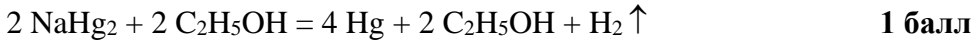
Масса ртути в соединении А равна 40,12 г. Количество ртути в образце $n = 40,12 / 200,6 = 0,2$ моль.

Отношение Na:Hg = 1: 2. Соединение NaHg_2 . **2 балла**

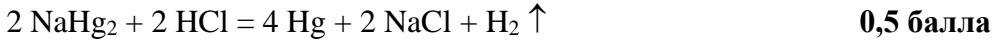
Реакция соединения А с водным раствором щёлочи:



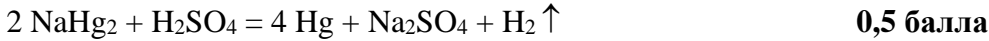
Реакция с этанолом:



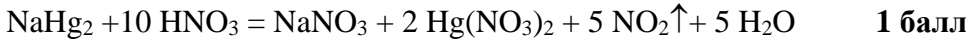
Реакция с соляной кислотой:



Реакция с серной кислотой:



Реакция вещества А с азотной кислотой:



0,1 моль	1 моль	0,1	0,2	0,5
42,42 г	63 г	8,5 г	64,92 г	23 г

В растворе содержится также избыток азотной кислоты массой 126 г.

Масса раствора $m = 300 + 42,42 - 23 = 319,42$ г. **1 балл**

Массовые доли веществ в растворе:

$\omega(\text{NaNO}_3) = 2,66\%$; $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 20,32\%$; $\omega(\text{HNO}_3) = 39,45\%$; **1 балл**

Итого 10 баллов

Задание № 3. Решение.

Электролиз раствора хлорида меди:

$\text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{Cl}_2$ На катоде восстановилось 6,35 г меди. 0,1 моль.

0,1 моль 0,1 0,1 На аноде выделилось 0,1 моль хлора. 2,24 л.

6,35г 7,1г **2 балла**

Так как за время электролиза на аноде выделилось 3,36 л хлора, после завершения электролиза хлорида меди начался электролиз хлорида калия.

Объём хлора, выделившегося при электролизе хлорида калия 1,12 л.

Электролиз раствора хлорида калия:

$2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{KOH}$; Хлора выделилось 1,12 л. 0,05 моль.

0,1 моль 0,05 0,05 0,1 моль
0,1г 3,55г 5,6 г **2 балла**

За время электролиза на аноде выделялся только один газ, значит электролиз закончился при исчерпании хлорида калия. В растворе будет только гидроксид калия.

1 балл

Масса раствора после электролиза:

$m = 200 - 6,35 - 7,1 - 0,1 - 3,55 = 182,9$ г **1 балл**

$\omega(\text{KOH}) = 3,06\%$. **1 балл**

В растворе объёмом 1л содержится 0,1 моль КОН. $C = 0,1$ моль/л.

КОН сильный электролит.

$\text{KOH} = \text{K}^+ + \text{OH}^-$; Концентрация $C_{\text{OH}^-} = 0,1$ моль/л. **1 балл**

$C_{\text{H}^+} \times C_{\text{OH}^-} = 10^{-14}$; $C_{\text{H}^+} = 10^{-13}$; $\text{pH} = 13$. **2 балла**

Итого 10 баллов

Задание № 4. Решение.

Опыт № 1. Определение теплоёмкости калориметра.

Количество теплоты, поглощённой при растворении хлорида калия

$$Q_1 = 228 \times 5,0 = 1140 \text{ Дж.} \quad K = 1140/1,25 = 912 \text{ Дж/}^\circ\text{C.} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Опыт № 2. Определение удельной теплоты растворения КОН.

$$Q_2 = 912 \times 5,0 = 4560 \text{ Дж.} \quad q_{\text{кон}} = 4560/5,0 = 912 \text{ Дж/г} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Опыт № 3. Определение теплоты нейтрализации.

$$Q_3 = Q_{\text{раств}} + Q_{\text{нейтр}} = 912 \times 4,5 = 4104 \text{ Дж.}$$

$$Q_{\text{раств.}} = 912 \times 2,5 = 2280 \text{ Дж}$$

$$Q_{\text{нейтр.}} = 4104 - 2280 = 1824 \text{ Дж.} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Реакция между соляной кислотой и гидроксидом калия.



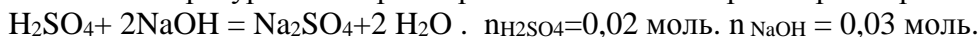
$$0,032 \quad 0,0446 \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Недостаток соляной кислоты. Расчет по количеству соляной кислоты.

$$Q_{\text{нейтр.}} = 1824 \text{ Дж.} \quad \text{Мольная теплота нейтрализации равна}$$

$$Q_{\text{моль}} = 1824/0,032 = 57\,000 \text{ Дж/моль} = 57 \text{ кДж/моль.} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Расчёт температуры в калориметре после смешения растворов серной кислоты и гидроксида натрия.



$$1 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль}$$

Избыток серной кислоты. Расчёт по количеству гидроксида натрия.

$$Q = 57\,000 \times 0,03 = 1710 \text{ Дж.} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Температура в калориметре поднимется на Δt

$$\Delta t = 1710/912 = 1,875 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Температура в калориметре будет равна $21,875 \text{ }^\circ\text{C.}$ $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Реакция нейтрализации между сильными кислотами и щёлочами есть взаимодействия между ионами H^+ и OH^- .



При повышении температуры равновесие будет смещаться влево, концентрация ионов H^+ увеличиваться, pH уменьшаться. $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Процесс растворения есть последовательность двух процессов: эндотермическое разрушение кристаллической решётки и экзотермическая гидратация ионов.

Энергия кристаллической решётки хлорида калия превышает энергию сольватации ионов K^+ и Cl^- .

Эндотермичность процесса.

Энергия кристаллической решётки гидроксида калия меньше энергии сольватации ионов K^+ и OH^- .

Экзотермичность процесса. $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Итого 10 баллов

Задание № 5. Решение.

Определение состава молекулы А. Расчёт на 100 г вещества.

$$\omega(\text{C}) = 65,45 \%. \quad 65,45 \text{ г.} \quad n(\text{C}) = 5,45 \text{ моль} \quad \text{C} \quad 9$$

$$\omega(\text{H}) = 6,67 \%. \quad 6,67 \text{ г.} \quad n(\text{H}) = 6,67 \text{ моль} \quad \text{H} \quad 11$$

$$\omega(\text{O}) = 19,39 \%. \quad 19,39 \text{ г.} \quad n(\text{O}) = 1,21 \text{ моль} \quad \text{O} \quad 2$$

$$\omega(\text{N}) = 8,48 \%. \quad 8,48 \text{ г.} \quad n(\text{N}) = 0,605 \text{ моль} \quad \text{N} \quad 1$$

Брутто формула соединения А $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$. $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Гидролиз под действием щёлочи и кислоты характерен для сложных эфиров. Пара-замещение указывает на двузамещённое ароматическое соединение. Только в таком положении заместителей будет два типа атомов водорода в кольце. Образование двух разных солей при гидролизе щёлочью и кислотой возможно при наличии аминогруппы в эфире. $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Определение формулы соли при щёлочном гидролизе.

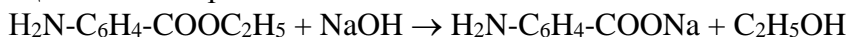
Молярная масса соли $M = 14/0,0880 = 159 \text{ г/моль}$. Этой массе отвечает натриевая соль пара-аминобензойной кислоты. $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Определение формулы соли при кислотном гидролизе.

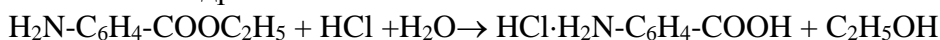
Молярная масса соли $M = 14/0,0807 = 173,5$ г/моль. Этой массе отвечает гидрохлорид пара-аминобензойной кислоты. **1 балл**

Следовательно, брутто формуле $C_9H_{11}O_2N$ соответствует этиловый эфир пара-аминобензойной кислоты. **1 балл**

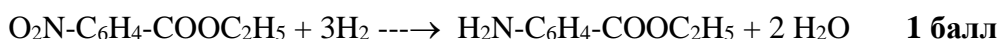
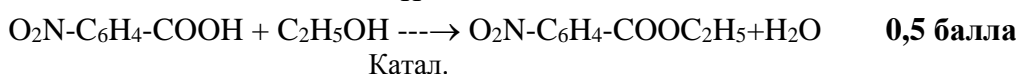
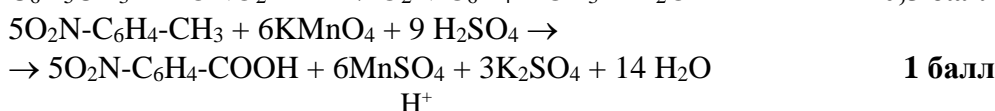
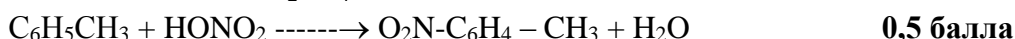
Щелочной гидролиз:



Кислотный гидролиз:



Синтез лекарства А.



Итого 10 баллов

Задание № 6. Решение.

Молярная масса X равна $117,9 \times 10^{-24} \times 6,022 \times 10^{23} = 71$ г/моль. **1 балл**

Реакция второй порции раствора с нитритом магния позволяет определить, что в состав X входит фтор.

Количество нитрита магния в реакции 0,15 моль.

Молярная масса осадка $9,35 : 0,15 = 62,3$ г/моль. Это MgF_2 . **1 балл**

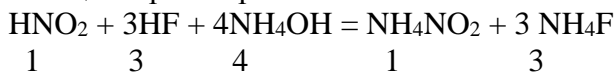
Эта же реакция позволяет определить второй элемент в соединении X – азот. Вторая кислота при гидролизе X – азотистая.

Соединение X NF_3 . $M = 71$ г/моль. **1 балл**

Гидролиз X:



Реакция с раствором аммиака:



Количество аммиака в реакции 1,2 моль.

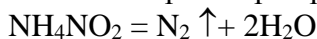
0,3 0,9 1,2 0,3 0,9 Количество веществ. **1 балл**

Реакции с отдельными порциями растворов.

Порция один.

Содержит 0,1 моль нитрита аммония и 0,3 моль фторида аммония.

Кипячение раствора приводит к разложению нитрита аммония:

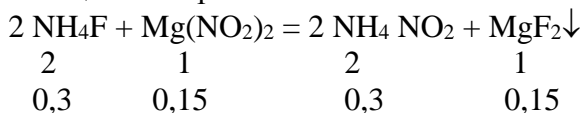


После удаления воды остаются кристаллы фторида аммония, разлагающиеся при прокаливании и вновь сублимирующиеся на холодной поверхности пробирки:

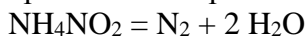


Порция два.

Реакция с нитритом магния:



В растворе остаётся только нитрит аммония. После упаривания при низкой температуре остаются кристаллы нитрита аммония. Прокаливание приводит к их разложению.

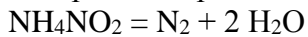


На холодной части пробирки конденсируются капли воды.

1 балл

Порция 3.

В реактор поместили кристаллы, полученные при низкотемпературном упаривании третьей порции раствора. 0,1 моль NH_4NO_2 и 0,3 моль NH_4F . В вакуумированном реакторе при 200°C идут необратимые реакции разложения с образованием газов:



0,1 моль 0,1 0,2



0,3 0,3 0,3

Суммарное количество газов в реакторе 0,9 моль.

Давление в реакторе равно:

$$P = 0,9 \times 8,314 \times 473 / 0,01 = 353927 \text{ Па.}$$

2 балла

При 0°C в реакторе газ будет один азот 0,1 моль.

$$P = 22697 \text{ Па.}$$

Масса конденсированной фазы равна

$$m(\text{NH}_4\text{F}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 11,1 + 3,6 = 14,7 \text{ г}$$

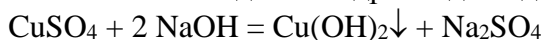
1 балл

Итого 10 баллов

Заключительный этап. 11 класс. Вариант 2. Решения и критерии оценивания.

Задание № 1. Решение.

Опыт № 1. Осаждение гидроксида меди.



Голубой синий

Опыт № 2. Уравнение будет написано после определения формулы исследуемого соединения.



Синий синий раствор

Глицинат меди – комплекс. Структура необязательна.

Опыт № 3. Титрование соляной кислоты исследуемым раствором.

Концентрация соляной кислоты $C_{\text{HCl}} = C_{\text{H}^+} = 0,1$ моль/л (pH=1,0).

В органических соединениях основные свойства определяются наличием аминогруппы.



Так как объём кислоты и объём исследуемого раствора, пошедшего на титрование, равны, то концентрации этих растворов равны $C = 0,1$ моль/л.

Опыт № 4. Титрование раствора щёлочи исследуемым раствором.

Концентрация раствора гидроксида натрия определяется из значения ионного произведения воды.

$K_{\text{ион}} = 10^{-14}$ (моль/л)² $C_{\text{NaOH}} = 0,1$ моль/л (pH=13,0).

В органических соединениях кислотные свойства определяются наличием карбоксильной группы.



Так как объём щёлочи и объём исследуемого раствора, пошедшего на титрование, равны, то концентрации этих растворов равны $C = 0,1$ моль/л.

Молекула исследуемого вещества содержит равное количество амино-и карбоксильных групп.

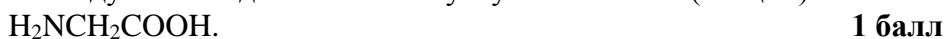
Концентрация вещества в колбе $C = 0,1$ моль/л.

Количество вещества $n = 0,1 \times 0,2 = 0,02$ моль.

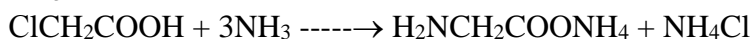
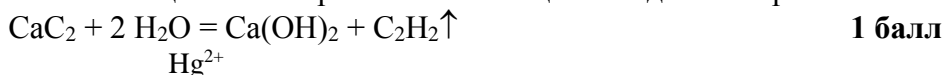
Молярная масса вещества $M = 1,50 / 0,02 = 75$ г/моль.

$M = 16 + 45 + M_{\text{R}} = 75 \quad M_{\text{R}} = 14$.

Исследуемое соединение аминокислота (глицин).

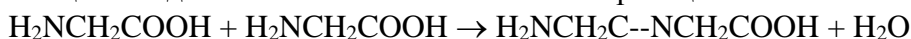


Синтез глицина из неорганических веществ. Один из вариантов.



Реакция проводится с контролем количества соляной кислоты.

Глицин входит в состав белков. Важнейшая реакция биологии – образование пептидной связи.



Итого 10 баллов

Задание № 2. Решение.

Анализируя условия задачи, следует вывод, что бинарное соединение включает натрий, так как реакция А с водой приводит к образованию раствора щёлочи и выделению водорода. Этот вывод подтверждается и расчётом.

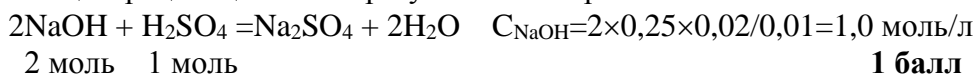


2 2 2 1
+46г -2 г Изменение массы раствора +44 г
0,2 0,2 0,1 моль Опыт +4,4 г

В опыте изменение массы раствора +4,4 г. Следовательно, масса натрия в соединении 4,6 г. Количество $n_{\text{Na}} = 0,2$ моль. Объём выделившегося газа соответствует $n_{\text{H}_2} = 0,1$ моль. (2,24 л).

Это подтверждается и результатами титрования. Расчётная концентрация щёлочи в 200 мл раствора равна $C_{\text{NaOH}} = 0,2/0,2 = 1,0$ моль/л.

Концентрация щёлочи по результатам титрования:

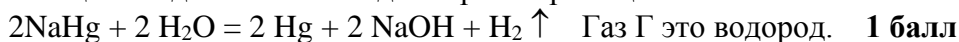


Жидкость Ж – это ртуть, с плотностью гораздо большей плотности серебра. Следовательно соединение А – это амальгама ртути и натрия. **1 балл.**

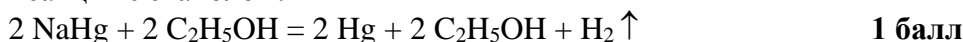
Масса ртути в соединении А равна $44,72 - 4,6 = 40,12$ г. Количество ртути в образце $n = 40,12 / 200,6 = 0,2$ моль.

Отношение $\text{Na}:\text{Hg} = 1:1$. Соединение NaHg . **2 балла**

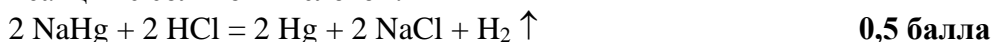
Реакция соединения А с водным раствором щёлочи:



Реакция с этанолом:



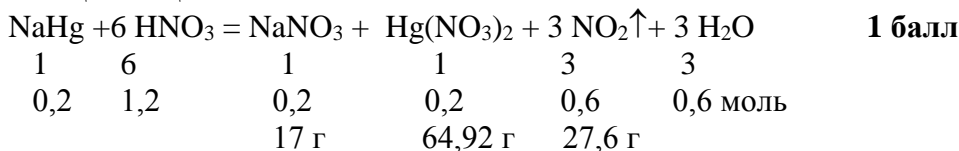
Реакция с соляной кислотой:



Реакция с серной кислотой:



Реакция вещества А с азотной кислотой:



В исходном растворе азотной кислоты содержится 189 г кислоты, что соответствует 3 моль кислоты. Избыток азотной кислоты составляет $n = 3 - 1,2 = 1,8$ моль. Масса 113,4 г.

Масса раствора $m = 300 + 44,72 - 27,6 = 317,12$ г. **1 балл**

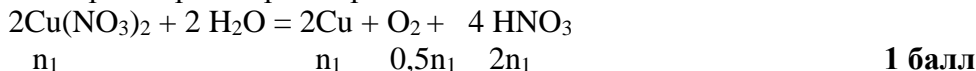
Массовые доли веществ в растворе:

$\omega(\text{NaNO}_3) = 5,36\%$; $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 20,47\%$; $\omega(\text{HNO}_3) = 35,76\%$; **1 балл**

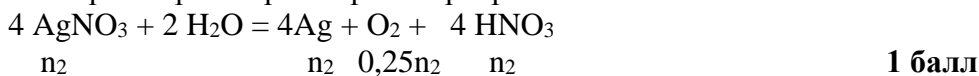
Итого 10 баллов

Задание № 3. Решение.

Электролиз раствора нитрата меди:



Электролиз раствора нитрата серебра:



На катоде выделяются медь и серебро. Электролиз идёт полностью.

$$63,5n_1 + 108n_2 = 23,5 \quad \text{(I)} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

На аноде выделяется кислород. Объём 2,8 л. Количество 0,125 моль.

$$0,5n_1 + 0,25n_2 = 0,125 \quad \text{(II)} \quad m_{\text{O}_2} = 4\text{g} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Решая систему уравнений (I),(II) находим:

$$n_1 = 0,2 \text{ mol}, \quad n_2 = 0,1 \text{ mol} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

В растворе будет только азотная кислота $n = 2n_1 + n_2 = 0,5 \text{ mol}$ (31,5 g)

Масса раствора после электролиза $m = 200 - 23,5 - 4 = 172,5 \text{ г}$. **1 балл**

Массовая доля кислоты в растворе $\omega = 31,5 / 172,5 = 0,183 = 18,3 \%$. **1 балл**

Реакция нейтрализации аммиаком. Масса аммиака в растворе 8,5 г. Количество аммиака $n_{\text{NH}_3} = 0,5 \text{ mol}$.

$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$ Количество нитрата аммония 0,5 моль.

Масса нитрата 40 г. **1 балл**

Реакция разложения нитрата аммония:

$\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$ **1 балл**

0,5 0,5 1,0

При нормальных условиях $V_{\text{N}_2\text{O}} = 11,2 \text{ л}$, масса воды 18 г. **1 балл**

Итого 10 баллов

Задание № 4. Решение.

Опыт № 1. Определение теплоёмкости калориметра.

Количество теплоты, поглощённой при растворении нитрата калия

$Q_1 = 347 \times 5,0 = 1735 \text{ Дж}$. $K = 1735 / 2,0 = 867,5 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$. **1 балл**

Опыт № 2. Определение удельной теплоты растворения КОН.

$Q_2 = 867,5 \times 5,5 = 4771,2 \text{ Дж}$. $q_{\text{кон}} = 4771,2 / 5,0 = 954 \text{ Дж/г}$ **1 балл**

Опыт № 3. Определение теплоты нейтрализации.

$Q_3 = Q_{\text{кон}} + Q_{\text{нейтр}} = 867,5 \times 5,5 = 4771,2 \text{ Дж}$.

$Q_{\text{кон}} = 954 \times 2,6 = 2480 \text{ Дж}$

$Q_{\text{нейтр}} = 4771 - 2480 = 2291 \text{ Дж}$. **1 балл**

Реакция между соляной кислотой и гидроксидом калия.

$\text{HCl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ $n_{\text{HCl}} = 0,04 \text{ моль}$. $n_{\text{KOH}} = 0,046 \text{ моль}$.

0,04 0,046 **1 балл**

Недостаток соляной кислоты. Расчет по количеству соляной кислоты.

$Q_{\text{нейтр}} = 2291 \text{ Дж}$. Молярная теплота нейтрализации равна

$Q_{\text{моль}} = 2291 / 0,04 = 57\,275 \text{ Дж/моль} = 57 \text{ кДж/моль}$. **1 балл**

Расчёт температуры в калориметре после смешения растворов серной кислоты и гидроксида натрия.

$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$. $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,02 \text{ моль}$. $n_{\text{NaOH}} = 0,03 \text{ моль}$.

1 моль 2 моль

2 моль

Избыток серной кислоты. Расчёт по количеству гидроксида натрия.

$Q = 57\,000 \times 0,03 = 1710 \text{ Дж}$. **1 балл**

Температура в калориметре поднимется на Δt

$\Delta t = 1710 / 867,5 = 1,97 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура в калориметре будет равна $21,97 \text{ }^\circ\text{C}$. ($22 \text{ }^\circ\text{C}$). **1 балл**

Реакция нейтрализации между сильными кислотами и щелочами есть взаимодействия между ионами H^+ и OH^- .

$\text{H}^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + 57 \text{ кДж}$ **1 балл**

При повышении температуры равновесие будет смещаться влево, концентрация ионов H^+ увеличиваться, pH уменьшаться. **1 балл**

Процесс растворения есть последовательность двух процессов: эндотермическое разрушение кристаллической решётки и экзотермическая гидратация ионов.

Энергия кристаллической решётки нитрата калия превышает энергию сольватации ионов K^+ и NO_3^- .

Эндотермичность процесса.

Энергия кристаллической решётки гидроксида калия меньше энергии сольватации ионов K^+ и OH^- .

Экзотермичность процесса. **1 балл**

Итого 10 баллов

Задание № 5. Решение.

Определение состава молекулы X.

Непоглотившийся щёлочью газ – азот.

$V=1,12$ л. $n=0,05$ моль. $n_N=0,1$ моль. $m_N=1,4$ г.

Поглотившийся щёлочью газ – углекислый.

$V_{CO_2}=21,28-1,12=20,16$ л. $n=0,9$ моль. $m=39,6$ г. $n_C=0,9$ моль. $m_C=10,8$ г

Вода масса 9,9 г. $n=0,55$ моль. $n_H=1,1$ моль. $m_H=1,1$ г.

Суммарная масса этих элементов $\Sigma m=1,4+10,8+1,1=13,3$ г.

Следовательно, в соединении X входит кислород, так как иных элементов в продуктах сжигания не найдено.

$M_O=16,5-13,3=3,2$ г. $n_O=0,2$ моль.

Мольное соотношение элементов равно

$C : H : O : N = 0,9 : 1,1 : 0,2 : 0,1 = 9 : 11 : 2 : 1$

Такое же соотношение числа атомов в молекуле.

Брутто формула соединения X $C_9H_{11}O_2N$.

2 балла

Гидролиз под действием щёлочи и кислоты характерен для сложных эфиров. Пара-замещение, при котором существует два положения атомов водорода в бензольном кольце, указывает на двузамещённое ароматическое соединение. Образование двух разных солей при гидролизе щёлочью и кислотой возможно при наличии аминогруппы в эфире.

Определение формулы соли при щёлочном гидролизе.

Молярная масса соли $M=23/0,1447=159$ г/моль. Этой массе отвечает натриевая соль пара-аминобензойной кислоты.

1 балл

Определение формулы соли при кислотном гидролизе.

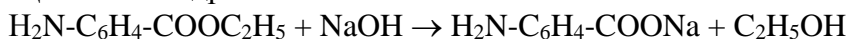
Молярная масса соли $M=32/0,1844=173,5$ г/моль. Этой массе отвечает гидрохлорид пара-аминобензойной кислоты.

1 балл

Следовательно, брутто формуле $C_9H_{11}O_2N$ соответствует этиловый эфир пара-аминобензойной кислоты.

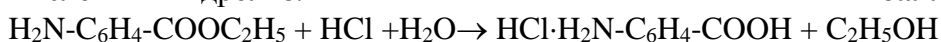
1 балл

Щёлочной гидролиз:

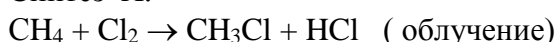


Кислотный гидролиз:

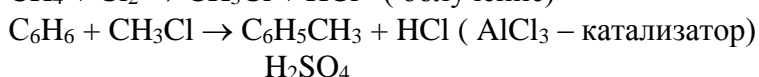
1 балл



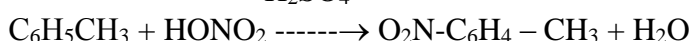
Синтез X.



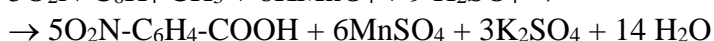
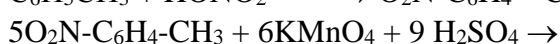
0,5 балла



0,5 балла



0,5 балла



1 балл



0,5 балла



1 балл

Итого 10 баллов

Задание № 6. Решение.

Определение молярной массы X.

$M=216,7 \cdot 10^{-24} \times 6,022 \cdot 10^{23} = 130,5$ г/моль.

1 балл

Из последней реакции осаждения сульфата бария следует, что в растворе осталась соляная кислота.

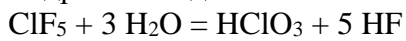
Так как во всех предыдущих реакциях реактивы не содержали хлор, хлор входил в соединение X.

Второй элемент этой же группы может быть только фтор. Другие галогены дают большую

молярную массу. Фтор одновалентен. Соединение X может быть только пентафторидом хлора. ClF_5 . **2 балла**

Степени окисления элементов $\text{Cl}^{+5}\text{F}^{-1}$. **1 балл**

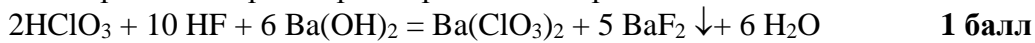
Гидролиз соединения X: $n_x = 0,05 \text{ mol}$



0,05 0,05 0,25 mol **1 балл**

При гидролизе степени окисления не меняются. Хлорноватая кислота сильная, плавиковая – относительно слабая.

Нейтрализация раствора гидроксидом бария:

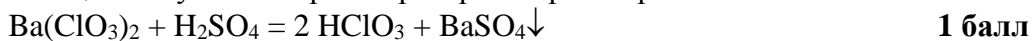


0,05 0,25 0,15 0,025 0,125

Гидроксида бария в растворе $855 \times 0,03 = 25,70 \text{ г}$. Количество 0,15 моль.

Масса осадка фторида бария 21,9 г.

Реакция полученного раствора с раствором серной кислоты:



0,025 0,025 0,05 0,025

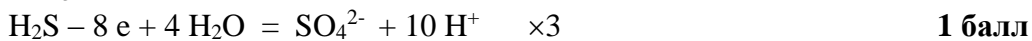
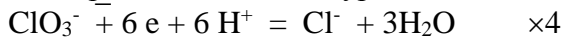
Масса осадка 5,83 г.

Реакция хлорноватой кислоты с сероводородом: 0,84 л, 0,0375 mol

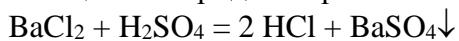


0,05 0,0375 0,05 0,0375

Электронно-ионные полуреакции:



Реакция с хлоридом бария:



0,0375 0,0375 0,0375 Масса осадка 8,75 г. **1 балл**

Итого 10 баллов