

Материалы заданий, решения, критерии оценивания работ и критерии определения победителей и призёров Открытой химической олимпиады 2016/2017 учебного года

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 pH нейтральной воды при повышении температуры?

Объясните эндотермичность растворения хлорида калия ($t_{\text{пл}}=776$ °С) и экзотермичность растворения гидроксида калия ($t_{\text{пл}}=404$ °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 X, масса молекулы X 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. $pH = 7,2$. 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 $pH=1,0$ и раствор гидроксида натрия с $pH=13,0$. Вова провёл титрование между этими растворами и исследуемым раствором из колбы, измеряя рН 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 $pH=1,0$ вначале медленно росло, затем рост резко усилился при приливании 20 мл раствора из бюретки и дальше значение рН 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 $pH=13,0$ вначале медленно уменьшалось, затем падение резко усилилось при приливании 20 мл раствора из бюретки и дальше значение рН 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 гидролизует 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.