

Время выполнения заданий – 180 минут

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (16 баллов)

Вещество А, представляющее собой порошок желтого цвета, применяется в промышленности для синтеза присадок к смазочным маслам и пестицидов. Навеску вещества массой 3,33 г полностью растворили в воде при нагревании. В результате реакции был получен газ Б и раствор вещества В. При пропускании газа Б в раствор, содержащий избыток нитрата серебра, выпало 18,6 г черного осадка, не растворимого в разбавленной азотной кислоте. Вещество В, оставшееся в водном растворе, представляет собой кислоту, на полную нейтрализацию которой потребовалось 45 мл раствора NaOH с концентрацией 2 моль/л. При добавлении нитрата серебра в раствор, полученный после нейтрализации, образовалось 12,57 г желтого осадка Г.

1. Определите вещества А–Г. Приведите необходимые для этого рассуждения и расчеты. Считайте, что газ Б, образовавшийся в реакции, был выделен из раствора полностью.
2. Напишите уравнения упомянутых реакций.

Задание 2 (20 баллов)

В конце 19 века немецкий химик-органик, ученик Ф. Вёлера, впервые получил вещество X, которое по сей день применяется в медицине для местной анестезии. В молекуле X содержится (по массе) 65,45% углерода, 6,67% водорода, 19,39% кислорода и азот. Через несколько лет другой немецкий химик усовершенствовал вещество X, получив на его основе другой препарат для анестезии — Y, в молекуле которого содержится (по массе): 66,10% углерода, 8,47% водорода, 13,56% кислорода и азот.

Соединение X может быть получено из вещества А, имеющего брутто-формулу $C_7H_7O_2N$. Вещество А не обесцвечивает бромную воду, но вступает в реакцию с бромом в присутствии $FeCl_3$, при этом может получиться два изомерных продукта монобромирования (с сильным преобладанием одного из них). Кроме того, А не реагирует с соляной кислотой.

Синтез X из А включает три стадии, на которых используются следующие реагенты: 1) (а) $KMnO_4$, t° , (б) HCl . 2) C_2H_5OH/H_2SO_4 ; 3) Fe/NH_4Cl . Вещество Y можно получить реакцией X с $(C_2H_5)_2NCH_2CH_2OH$ в присутствии катализатора.

1. Определите вещество X и исходное вещество А (напишите их названия по систематической номенклатуре, либо изобразите структурные формулы).
2. Определите вещество Y (изобразите его структурную формулу).
3. Определите продукты, которые получают на каждой стадии: 1а, 1б, 2 и 3, напишите уравнения реакций.

Задание 3 (18 баллов)

На химическом заводе открыли старый стальной баллон, в котором хранили синтез-газ (смесь CO и H_2). После удаления газа на дне баллона обнаружили небольшое количество неизвестной жидкости X. При нагревании выше $150^\circ C$ вещество X разлагается с образованием твердого простого вещества А и газа В. Масса полученного А составляет $0,2857$ ($2/7$) от массы разложившегося X. При выдерживании на свету X превращается в вещество Y, при этом снова выделяется В, на этот раз его масса равна $0,07143$ ($1/14$) от

массы разложившегося **X**. При действии на **X** разбавленной серной кислоты в диэтиловом эфире выделяется смесь двух газов, один из которых газ **B**, при этом на 1,0000 г исходного **X** получается газовая смесь объемом 0,6857 л (н.у.) и массой 0,7245 г.

- 1) Определите вещества **X**, **Y**, **A** и **B**. Приведите необходимые для этого рассуждения и расчеты.
- 2) Объясните появление **X** в баллоне.
- 3) Напишите уравнения упомянутых реакций, а также, если нужно, реакций для ответа на вопрос 2.

Задание 4 (24 балла)

Некоторый минерал можно в общем виде представить формулой $MO_x(H_2O)_y$ (x и y — целые числа). При выдерживании образца минерала массой 1,000 г при температуре выше 500°C он разложился с образованием твердого оксида, имеющего формулу MO_3 , молекулярного кислорода и паров воды. Продукты, газообразные при 500°C , полностью собрали в металлический сосуд объемом 250 мл. При температуре 200°C давление в сосуде составило 1420 мм рт. ст. При охлаждении до 25°C пары воды частично сконденсировались, в результате чего давление упало до 123,2 мм рт. ст. Давление насыщенного пара воды при этой температуре составляет 23,8 мм рт. ст.

1. Определите значения x и y в формуле минерала. Считайте универсальную газовую постоянную равной $0,082$ (л • атм.)/(моль • К), а 1 атм. = 760 мм рт. ст.
2. Определите металл M . Приведите рассуждения и расчеты, необходимые для обоснования вашего решения.
3. Какую степень окисления имеет металл в минерале? Дайте пояснение.

Задание 5 (22 балла)

Один из методов количественного определения хрома(III) разработал в 1930 году химик Ф. Фейгль. Согласно предложенной им методике, к анализируемому раствору, содержащему раствор соли трехвалентного хрома, прибавляли избыток раствора NaOH и избыток 3% раствора пероксида водорода. Полученную смесь кипятили, пока раствор не окрашивался в желтый цвет. Далее осторожно приливали 5% раствор нитрата никеля, не допуская чрезмерного вспенивания. По окончании выделения газа раствор дополнительно кипятили в течение 3 минут, затем прибавляли 10 мл раствора иодида калия с концентрацией 1 моль/л и 10 мл концентрированной HCl и почти сразу проводили титрование раствором тиосульфата натрия.

- 1) Напишите уравнения реакций, которые протекают в ходе анализа.
- 2) Какую роль играет нитрат никеля? Что будет, если пропустить эту стадию?
- 3) Для анализа взяли 50 мл раствора, содержащего нитрат хрома(III). На титрование на последней стадии потребовалось 30 мл 0,1 М раствора тиосульфата натрия. Определите массу нитрата хрома(III) в исходной пробе.