В-СО-Ш

ХИМИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Задания
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
11 класс

***ВАЖНО**: в решении задач обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов.*

Задача 1 (*10 баллов*)

Растворим нерастворимое

Спектрофотрофотометрия является неотъемлемой частью аналитической лаборатории. Зная спектр поглощения анализируемого иона, можно получить информацию о концентрации вещества в растворе без проведения единой химической реакции, что полезно, когда количество вещества ограничено или проведение с ним реакции недоступно.

Спектрофотометр измеряет оптическую плотность раствора в кювете для конкретной длины волны, которая прямо пропорциональна толщине слоя раствора (определяется) и концентрации исследуемого иона. Конечная формула несёт название **Бугера — Ламберта — Бера.**

$$A = \varepsilon \times I \times c$$

где A - оптическая плотность раствора;

ε - коэффициент поглощения (это показатель того, насколько сильно химическое вещество поглощает свет на заданной длине волны, тем самым ослабляя его. Данная величина является внутренним свойством этого вещества);

I - толщина раствора в кювете;

c - концентрация раствора.

Спектрофотомерия является одним из самых удобных методов измерения растворимости веществ. Исследуя растворимость фторида марганца (II), исследователь приготовил 0,1М раствор сульфата марганца (II). При толщине кюветы в 10 мм, оптическая плотность раствора была равна $2{,}943*10^{-3}$.

1. Чему равен коэффициент поглощения при данных условиях?

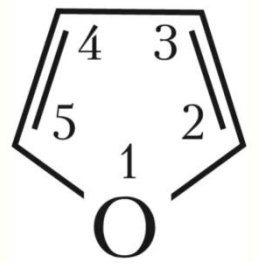
После этого исследователь приготовил насыщенный раствор фторида марганца (II). Его оптическая плотность оказалась равна $3{,}354*10^{-3}$.

2. Чему равна концентрация насыщенного раствора фторида марганца (II)?
3. Вычислите константу растворимости фторида марганца (II)

P.S.: Константа растворимости – величина, равная произведению равновесных концентраций ионов, возведенных в степени, равные стехиометрическим коэффициентам, в насыщенном растворе малорастворимого сильного электролита.

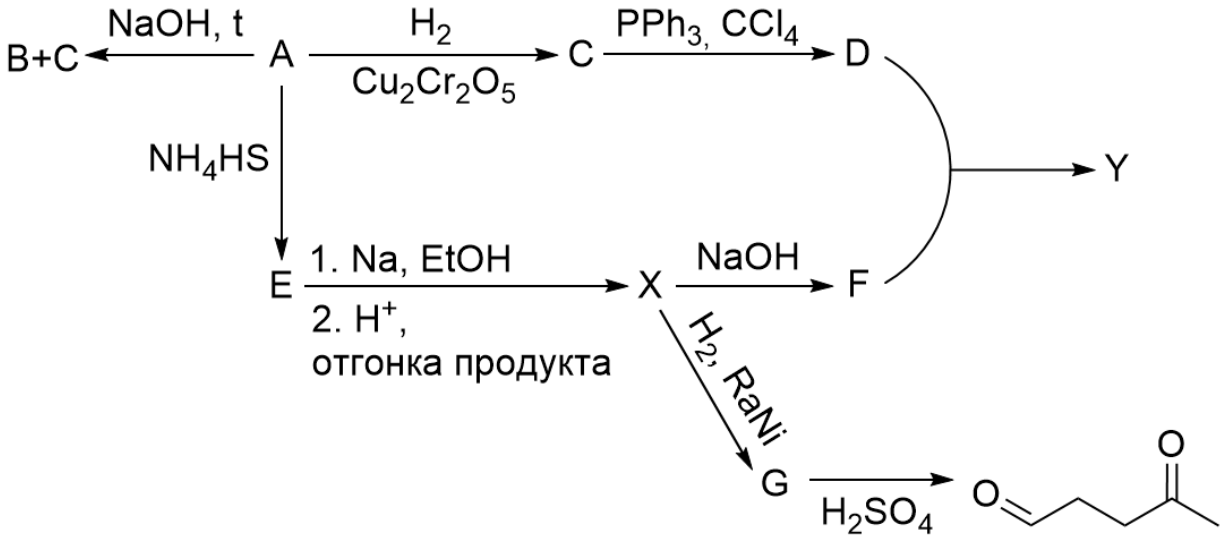
Задача 2 (*10 баллов*)

Запах кофе



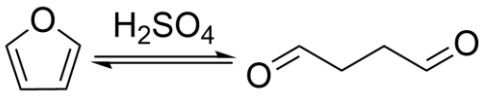
Фуран — гетероциклическое соединение с нумерацией атомов в цикле, указанной на рисунке. Производные фуранов находят свое применение в медицине, производстве некоторых полимеров, а также в пищевой химии. Именно она и станет предметом нашей задачи.

Так, сернистые производные фурана обладают очень резким своеобразным запахом, однако при сильном разбавлении некоторые из них обладают запахом жареных кофейных зерен и даже используются для его воссоздания. Это соединения **X** и **Y**, имеющие похожее строение, их синтез указан на схеме.



1. Соединение **A** — монозамещенный фуран, один из продуктов обработки гемицеллюлозы (растительного полимера, состоящего из пентоз и гексоз) горячей серной кислотой. **A** содержит 33.3% кислорода по массе.

2. В определении того, какое строение имеет **A**, вам поможет реакция раскрытия фуранового цикла соединения **G**, которое можно получить из **X** восстановлением на никеле Ренея. В общем виде она проходит так:



3. Реакция превращения **A** в **E** интересна тем, что молярная масса **E** превышает молярную массу **A** несколько больше, чем в два раза. При этом соединение **E** содержит в себе четыре гетероатома (атомы элементов помимо углерода и водорода)

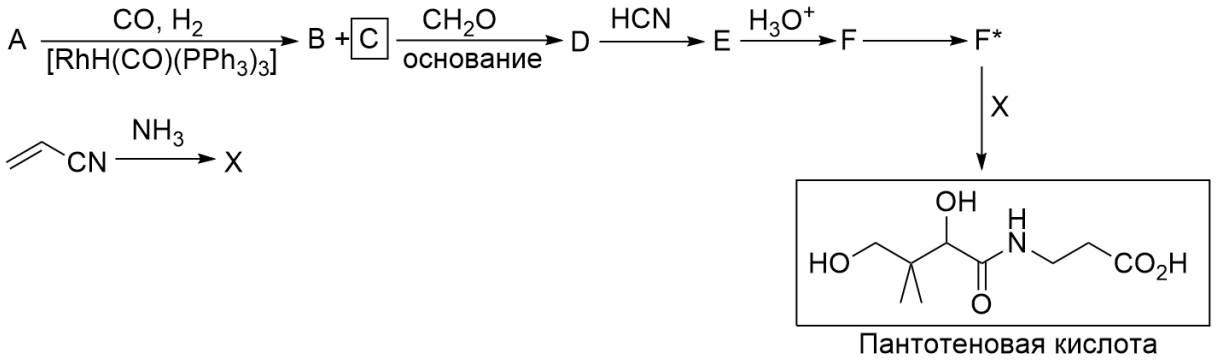
4. PPh_3, CCl_4 — стандартная реакция превращения спиртов в соответствующие алкилгалогениды (например, в такой системе из бензилового спирта образуется бензилхлорид).

Приведите структурные формулы соединений **A—G**, **X**, **Y**. Для чего перед получением **Y** из **X** получают **F**?

Задача 3 (*10 баллов*)

Вездесущая кислота

Пантотеновая кислота, она же витамин B_5 — жизненно важное соединение, входящее в состав кофермента А (вещества, участвующего в процессах обмена белков, жиров и углеводов). Получить его можно следующим образом:



Пантотеновая кислота

A — алкен, **B** и **C** — два изомерных соединения, ω(O) = 22.22%. Из них дальше в реакцию вводится **C** — продукт с разветвленной цепью.

F представляет собой смесь энантиомеров, разделяемых при помощи, например, кристаллизации с хиральным основанием. **F*** — энантиомер, имеющий ***R***-конфигурацию хирального атома.

Вопросы:

1. Приведите структурные формулы (без указания стереохимии) соединений **A—F, X.**

2. Какие продукты получатся, если вместо **A** ввести в реакцию с CO **2-метилпропен**?

3. Приведите структурные формулы пантотеновой кислоты и соединения **F* с указанием стереохимии.**

Задача 4 (*10 баллов*)

Такие базовые элементы

X, **Y** и **Z –** простые вещества хорошо вам знакомые (**X*, Y*, Z*** –элементы, образующие простые вещества **X, Y, Z**, соответственно). **X** – серебристо-белый активный металл реагирует с желто-зеленым газом **Y** образуя, **D** ω_{Y*}=63,96% (*реакция 1*) и с бесцветным газом **Z**, в котором вспыхивает тлеющая лучина, образуя **E** (*реакция 2*).

Простые вещества **A**, **B** и **C** (**A*, B*, C*** – элементы, образующие простые вещества **A, B, C**, соответственно) чуть менее вам знакомы, но они частично похожи на металл **X**, только основная степень окисления +3, но есть исключения!

A* – самый легкий из тройки, применяется в пирофорных сплавах, в катализаторах, абразивах, огнеупорных материалах, как добавка в стали и много, где еще. **A** реагирует с **Z** образуя соединение **F** (*реакция 3*). **F** может реагировать при сплавлении с **E** образуя **G** ω_{X*}=17,54% (*реакция 4*).

B* так же имеет обширную область применения от добавок к сталям до производства стекол, но самая знаменитая область применения — это магниты.

B растворяется в разбавленной серной кислоте образуя **H** (*реакция 5*), и реагирует с **Z** образуя базовый для этого семейства оксид **I** ω_{Z*}=14,28% (*реакция 6*).

C* назван в честь части света, области его применения –микроэлектроника, люминесцентные комплексы и материалы (он чаще всего излучает красным светом), лазеры и прочее. **C** реагирует с газом **Z** образуя **J**. **J** может реагировать с **C** образуя **K** (*реакция 7*). **C** с газом **Y** образует **L**. **L** реагирует с **C** образуя **M** ω_{C*}=68,16% (*реакция 8*).

1. Определите вещества **X, Y, Z, A-M** и запишите формулы.
2. Напишите *реакции 1-8*.
3. Элементы **A, B, C** и еще несколько элементов образуют семейство. Назовите это семейство.

Задача 5 (*10 баллов*)

В водном растворе сульфата меди (II) при добавлении избытка аммиака происходит последовательное присоединение молекул аммиака. Этот процесс можно представить в виде четырёх последовательных ступеней (T = 298 K):

$$Cu^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)]^{2+} \qquad \Delta G_1 = -23,4 \text{ кДж/моль}$$
$$[Cu(NH_3)]^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_2]^{2+} \qquad \Delta G_2 = -20,0 \text{ кДж/моль}$$
$$[Cu(NH_3)_2]^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_3]^{2+} \qquad \Delta G_3 = -16,6 \text{ кДж/моль}$$
$$[Cu(NH_3)_3]^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+} \qquad \Delta G_4 = -12,0 \text{ кДж/моль}$$

ΔG – изменение энергии Гиббса

1. Вычислите константу устойчивости комплекса $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ из иона Cu^{2+}

Однако медь (II) образует также очень прочный комплекс с этилендиаминтетраацетат-ионом (ЭДТА, далее Y^{4-}):

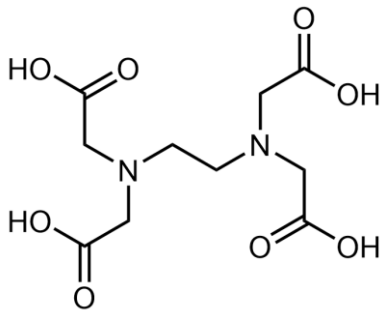


Рис.1 Этилендиаминтетрауксусная кислота

$$Cu^{2+} + Y^{4-} \rightleftharpoons [CuY]^{2-} \qquad \Delta G = -76,3 \text{ кДж/моль}$$

2. Приняв, что ЭДТА связывается только с ионом Cu^{2+} и не взаимодействует с аммиачными комплексами, а концентрация аммиака и ЭДТА в растворе равны 1M вычислите отношение концентраций $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ к $[CuY]^{2-}$.

Дополнительные материалы:

Константа устойчивости комплекса описывает уравнение

$$M^{n+} + mL \rightleftharpoons [ML_m]^{n+}$$

И равняется

$$k = \frac{[[ML_m]^{n+}]}{[M^{n+}][L]^m} = e^{\frac{-\Delta G}{RT}}$$

Суммарное изменение энергии Гиббса последовательных реакций можно определить, как сумму изменений энергий Гиббса каждой стадии.