

**Время выполнения заданий – 240 минут.  
Максимальное количество баллов – 100.**

**Напоминание: вычисления в расчетных задачах необходимо вести с точностью приведенных в условии значений.**

1. Минерал аурипигмент (сульфид мышьяка(III)) известен с 1 века до нашей эры, впервые описан римским ученым Плинием Старшим. Получил свое название (аурум – золото, пигмент – краситель) из-за своего золотисто-желтого перламутрового оттенка, напоминающего золото.

Для определения содержания мышьяка в природном аурипигменте взвесили 2,748 г этого минерала и окислили его смесью гипохлорита натрия и гидроксида натрия. Образовавшийся раствор подкислили разбавленной азотной кислотой и добавили избыток раствора нитрата серебра, получив при этом 20,09 г осадка.

- 1) Вычислите содержание сульфида мышьяка в процентах по массе в названном природном минерале. Почему полученное значение не будет точным?
- 2) Определите количество израсходованного гипохлорита натрия.

2. Все знают это широко распространенное вещество, бесцветное или белое. Но это вещество (А) встречается и синего цвета: в природе – в виде голубых кристаллов, и это означает, что они долгое время в глубинах земли находились по соседству с породами, содержащими уран, и подверглись радиоактивному облучению; синие кристаллы А также могут быть получены и без какого-либо облучения.

Упомянутое синее вещество А было растворено в воде, при этом образовался бесцветный раствор. К полученному раствору добавили раствор нитрата серебра, при этом выпал творожистый белый осадок В (реакция 1), который растворялся в аммиаке с образованием комплекса С (реакция 2).

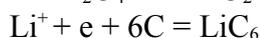
Раствор А подкислили серной кислотой и добавили избыток перманганата калия, при этом выделился желто-зеленый газ D (реакция 3). Этот газ пропустили через раствор гидроксида натрия, при этом образовались вещества Е и F (реакция 4). Полученный раствор нагрели до 70°C, при этом в растворе остались вещества Е и G (реакция 5). Затем раствор подкислили серной кислотой и добавили щавелевую кислоту, при этом выделилась смесь газов H и I (реакция 6). Эту смесь газов пропустили в раствор KOH, при этом в растворе образовалась смесь из четырех солей калия: J, K, L, M (реакция 7).

1. Определите вещества А-М, если известно, что из раствора, в котором содержится 1 г вещества А, может образоваться 2.453 г осадка В, а вещества А и Е практически не отличаются по химическому составу.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. Почему в реакции 7 образовалась смесь 4 веществ и предложите способ, при котором в реакции 7 образовалась бы смесь только трех веществ из списка J-M.
4. Почему А имеет такой нетипичный для него цвет? Предложите гипотезу, почему такое может происходить.

3. Нобелевская премия по химии за 2019 год была присуждена Джону Гуденафу, Стэнли Уиттингему и Акире Йошино (John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham, Akira Yoshino) за развитие химии литий-ионных батарей (аккумуляторов). Литий-ионные батареи сыграли важную роль в развитии высоких технологий. «Эти легкие, перезаряжаемые и мощные батареи используются сейчас везде, начиная от мобильных телефонов и ноутбуков, также в электроавтомобилях. Они могут сохранять значительное количество энергии из возобновляемых источников от солнца и ветра», – заявил Нобелевский комитет.

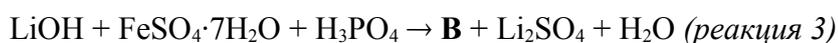
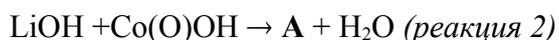
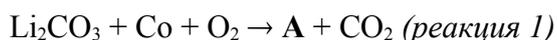
В Нобелевской лекции среди других фигурировали три вещества, используемые в литий-ионных аккумуляторах:  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  и еще два, которые синтезировал один из

лауреатов (Джон Гуденаф). Рассмотрим синтез оксида лития-марганца и процессы, которые происходят в устройстве:



В ходе первого процесса в результате окисления марганца электроны переходят в графитовый анод, генерируется электрический ток.

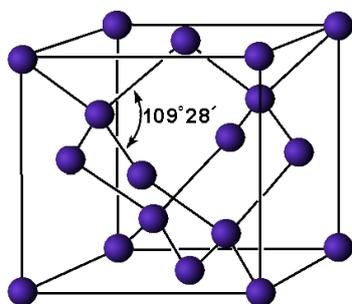
Два других вещества содержат кобальт и железо. Можно предложить следующие уравнения реакций их получения:



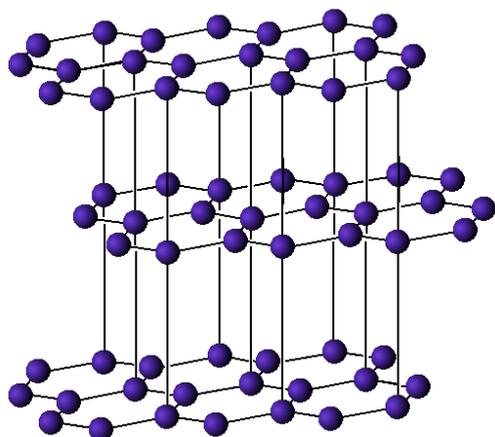
Уравнения написаны без коэффициентов, но в них указаны все продукты и реагенты.

Элементный анализ показал, что содержание кобальта в **A** – 60,2% по массе, а кислорода в **B** – 40,5%.

- 1) Определите вещества **A**, **B** и напишите уравнения реакций их получения.
  - 2) Для обозначения **B** часто используют сочетание LFP. С чем это связано?
  - 3) Напишите уравнения реакций, описывающих процессы, происходящие в устройствах на основе **A** и **B**. Процессы аналогичны тем, что происходят и с оксидом лития-марганца.
4. Приведите мотивированные ответы на следующие вопросы с указанием в качестве примера 2–3 разных по типу и строению веществ.
- 1) Может ли молекула с полярными связями быть неполярной?
  - 2) Может ли молекула простого вещества быть полярной?
  - 3) Может ли связь между двумя разными элементами быть ковалентной неполярной?
  - 4) Может ли связь между металлом и неметаллом быть ковалентной?
  - 5) Может ли связь между металлами быть неметаллической?
5. Кристаллическая решётка алмаза кубическая, четыре условных тетраэдра вписаны в куб с ребром 3,57Å:



У графита кристаллическая решётка гексагональная, длины связей углерод-углерод 1,42Å, расстояние между слоями 3,55Å:



На основании приведенных данных рассчитайте теоретическую плотность графита и алмаза.

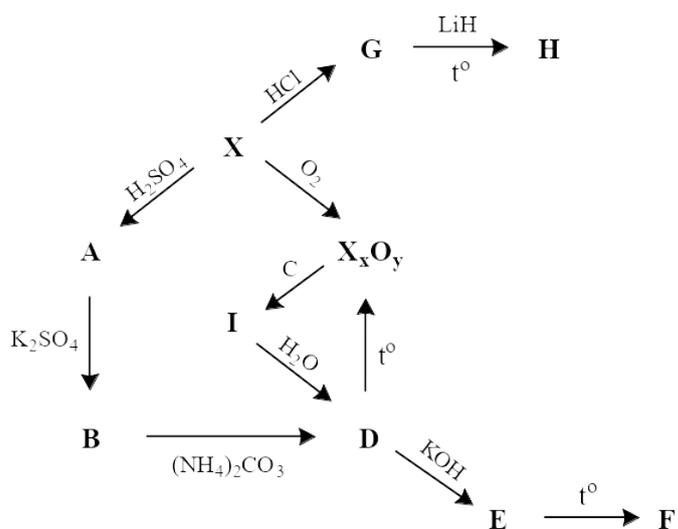
6. Девятиклассник начал изучать химию элементов, и ему очень понравилась статья в популярной литературе об одном из элементов Периодической таблицы Д.И.Менделеева, “Серебро из глины”. Так называли простое вещество **X**, образованное этим элементом. Заручившись поддержкой учителя, школьник отправился в химическую лабораторию, воспроизвести описанные в книжке эксперименты.

Для начала он решил сжечь **X** в токе кислорода (*реакция 1*), у него получился оксид элемента **X** ( $\omega_{\text{X}} = 52,94\%$ ). Оказалось, что **X** также растворяется в разбавленной серной кислоте с образованием **A** (*реакция 2*). Далее он прилил к полученному раствору **A** раствор сульфата калия и медленно охладил полученную смесь. Начали выпадать красивые кристаллы вещества **B** (*реакция 3*), которое при реакции с карбонатом аммония образуют **D** (*реакция 4*). Нагрев вещество **D**, экспериментатор снова получил оксид элемента **X** (*реакция 5*). Далее, добавляя к **D** раствор  $\text{KOH}$ , он получил вещество **E** (*реакция 6*), нагревание которого приводит к образованию **F** (*реакция 7*).

Все эти реакции показались экспериментатору достаточно простыми, и он решил получить нестандартное (для 9 класса) вещество **Z** двухстадийным синтезом: растворить **X** в соляной кислоте с образованием **Y** (*реакция 8.1*), затем нагреть **Y** с гидридом лития (*реакция 9.1*). Однако, он не учёл, что в реакции **X** с соляной кислотой образуется кристаллогидрат вещества **Y** (обозначим его **G**) (*реакция 8*). В **G**  $\omega_{\text{X}} = 11,18\%$ . И, соответственно, вместо желаемого вещества **Z** получил вещество **H** (*реакция 9*).

В результате экспериментатор решил прокалить оксид с углем, в надежде получить чистый **X**, хотя в статье такой метод описан не был. И снова его постигла неудача: вместо простого вещества **X** он получил **I** (*реакция 10*), которое он попытался прокипятить с водой, чтобы удалить лишний углерод, и в результате снова получил **D** (*реакция 11*).

Схему проведенных реакций он нарисовал следующим образом:



- 1) Определите вещества, описанные в задаче. Напишите уравнения всех описанных реакций.
- 2) Как называются вещества со структурой **B**?
- 3) Как получить простое вещество **X** из его оксида? А из вещества **I**?