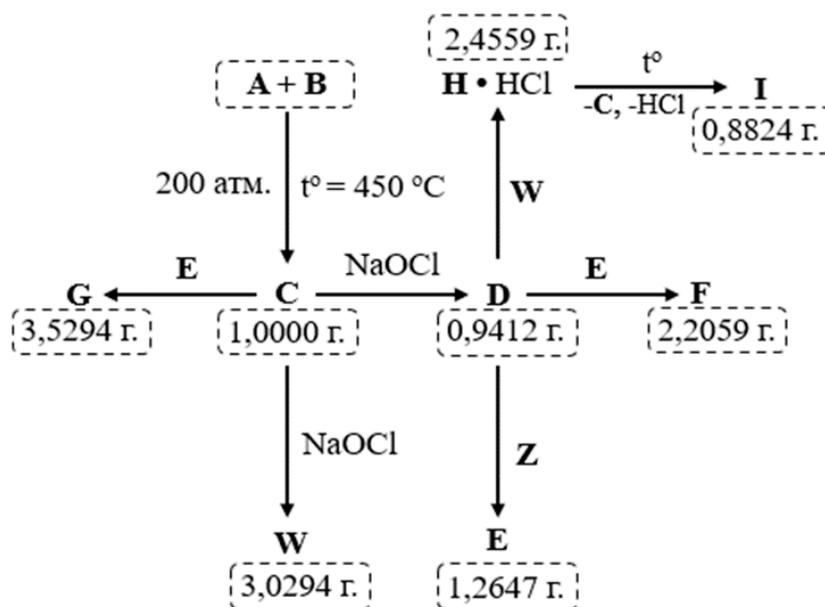


Задача 1. (21 балл)

Элементы **X** и **Y** образуют множество бинарных соединений друг с другом. В рамках этой задачи мы рассмотрим методы получения семи из них — веществ **C-I**. Простые вещества **A** и **B**, образованные элементами **X** и **Y** соответственно ($A_r(\text{X}) > A_r(\text{Y})$), взаимодействуют друг с другом при температуре $450\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении от 200 атмосфер, образуя промышленно важный газ **C**. Остальные вещества могут быть получены из газа **C** по следующей схеме, на которой указаны массы веществ для их эквимольных количеств:



В состав веществ **W** и **Z** также входят элементы **X** и **Y**, однако **W** содержит 68,93 % хлора по массе, а **Z** — 68,09% кислорода.

1. Определите элементы **X**, **Y**, формулы веществ **A-I**, **W** и **Z**.
2. Запишите все уравнения реакций, представленных на схеме (8 реакций).
3. Чьё имя носит процесс получения газа **C** из простых веществ **A** и **B**? А процесс получения **D** из **C**?

Задача 2. (18 баллов)

Ртуть

«На всю больницу было только два скальпеля и ни одного термометра, в ваннах держали картофель.»
 Чехов А. П., Палата № 6

Вплоть до 1960-х годов в медицине активно использовались вещества **A-D**, соединения металла **M**. Впервые металл **M** в твёрдом виде был получен и изучен М.В. Ломоносовым. В древности **M** получали, обжигая на воздухе минерал **E** при высоких температурах (*реакция 1*). При недостаточном нагревании побочным продуктом является красное бинарное соединение **A₁** (*реакция 2*). Металл **M** способен образовывать особые сплавы, благодаря чему его использовали для извлечения золота и серебра из самородных пород до появления цианидного способа.

Вещества **B** и **B**, имеющие одинаковый элементный состав, встречаются в природе в виде минералов. Вещество **B** ($\omega(\text{M}) = 84,99\%$) применялось в качестве слабительного и антисептика. Так же антисептическое действие оказывали вещества **A₂** (желтое), **Г** ($\omega(\text{M}) = 79,60\%$)

и **Д**, получаемые действием на **В** растворов щёлочи, аммиака и цианида, соответственно (реакции 3, 4, 5). **A₁** и **A₂** имеют одинаковый химический состав.

1. Определите вещества **A-E** и металл **М**. Напишите уравнения реакций 1-5.
2. Как называются сплавы металла **М** и минералы **Б, В, Е**?
3. Предложите объяснение разницы в цвете **A₁** и **A₂**.

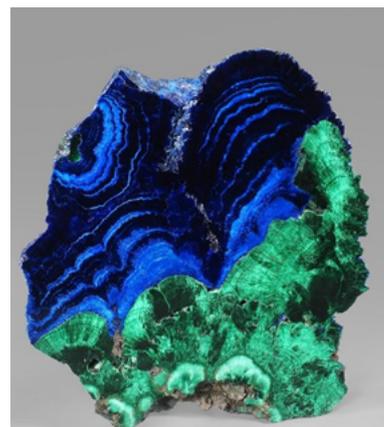
Задача 3. (20 баллов)

Небо и земля, соединенные в минерале

Помимо распространённых оксидных и сульфидных минералов, металл **X** в природе встречается в виде минералов **A** и **Б**. При прокаливании этих минералов (реакции 1, 2) в обоих случаях получается твердое вещество черного цвета **В**, газ без запаха **Г**, вызывающий помутнение известковой воды (реакция 3), и пары жидкости **Д**, в чистом виде не имеющей вкуса и запаха. Элементный анализ **A** и **Б** показал, что они содержат 57,46 % и 55,30 % металла **X** по массе, соответственно.

При дальнейшем нагревании порошка **В** он сначала превращается в **Ж** (реакция 4), а затем в **Х** (реакция 5), причем потеря массы суммарно составила 20,12 %.

Сам металл растворяется только в окисляющих кислотах, например, в концентрированной азотной, образуя при этом раствор голубого цвета **З** (реакция 6). При добавлении раствора аммиака сначала образуется голубой аморфный осадок **И** (реакция 7), в избытке аммиака растворяющийся с образованием соединения **К** (реакция 8) василькового цвета.



1. Определите металл **X**, состав его минералов **A** и **Б**.
2. Приведите формулы соединений **В-К**.
3. Напишите уравнения реакций 1-8.

Задача 4. (15 баллов)

Если расплавить щелочной металл **A** в графитовом тигле и выдержать расплав в атмосфере азота в течение нескольких часов, то серебристо-белый расплав останется неизменным, а стенки тигля приобретут «бронзовый» цвет из-за образовавшегося соединения **X** (реакция 1).

Соединение **X** является очень реакционноспособным и взаимодействует с водой с образованием водорода (реакция 2). Оно содержит 28,89 % по массе металла **A**. Известно, что 1,00 г. **A** можно получить реакцией 1,91 г. его хлорида с натрием при 850 °С (реакция 3).

1. Определите металл **A** и соединение **X**, ответ подтвердите расчетом.
2. Приведите уравнения реакций 1-3.

Взаимодействие графита с парами **Б** позволяет получить соединение, имеющее аналогичный **X** стехиометрический состав.

3. Установите неметалл **Б**, если известно, что масса сосуда с графитом массой 1,00 г. при полном протекании реакции увеличивается на 0,83 г.

Задача 5. (26 баллов)

NEC как ЛОНС

*Транспортируйте водород как нефть.
 Недостающее звено в мире чистого водорода.
 сайт компании Hydrogenious LOHC NRW*

В последние годы глобальной целью становится постепенный отказ от использования ископаемого топлива для сокращения выбросов парниковых газов. Водород рассматривается как возможный экологически чистый энергоноситель, поскольку обладает высокой энергетической плотностью, а единственный продукт его сгорания – вода. Однако распространению водородной энергетики мешает несколько проблем, в числе которых задача его эффективного и безопасного хранения. Традиционные методы включают в себя аккумулялирование водорода в виде газа под давлением, в виде жидкости при криогенном охлаждении, в связанном состоянии – в металлах и углеродных материалах. Эти методы характеризуются относительно малой плотностью хранения, высокими требованиями к оборудованию и большим энергопотреблением.

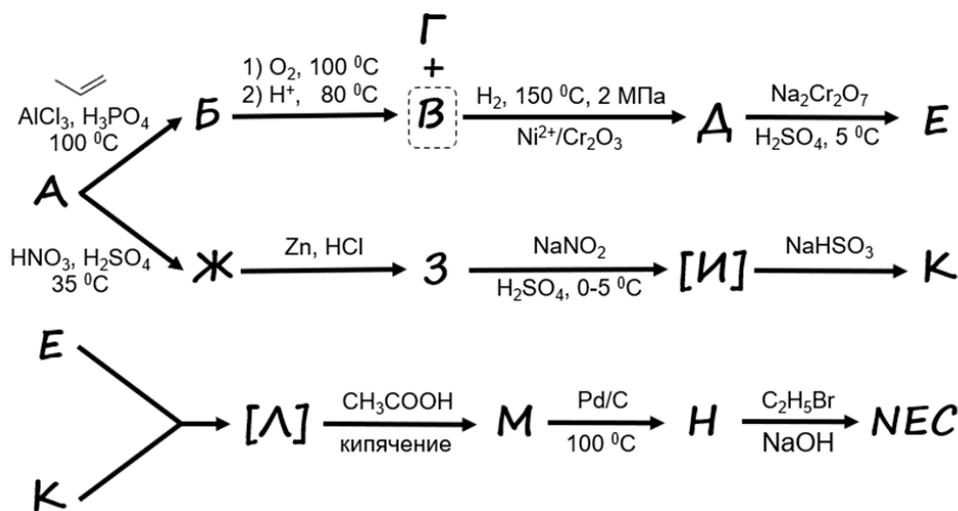
Перспективным подходом является технология использования жидких органических носителей водорода (ЛОНС, *Liquid organic hydrogen carriers*). Хранение водорода в такой системе основано на обратимом процессе гидрирования-дегидрирования.

Приведенная ниже последовательность превращений позволяет получить потенциальный носитель этого класса NEC, 1 л которого при плотности 0,931 г/мл может максимально связать до 641,7 л (н.у.) водорода. Начальное вещество А содержит 7,69 % масс. водорода и не обесцвечивает бромную воду.

Также известно, что процесс окисления В и последующего гидролиза – важный промышленный метод получения распространенного растворителя Г и вещества В, которое в следующую стадию вводят отдельно. Вещество З содержит 15,05 % масс. азота, К – 25,93 % масс. азота, а М является трициклическим.

Вещества в квадратных скобках обозначают промежуточно образующиеся интермедиаты, которые подвергаются дальнейшим превращениям без выделения.

1. Приведите структурные формулы веществ А-Н, а также NEC. Формулу NEC подтвердите расчетом.



2. Как вы думаете, как расшифровывается аббревиатура NEC?