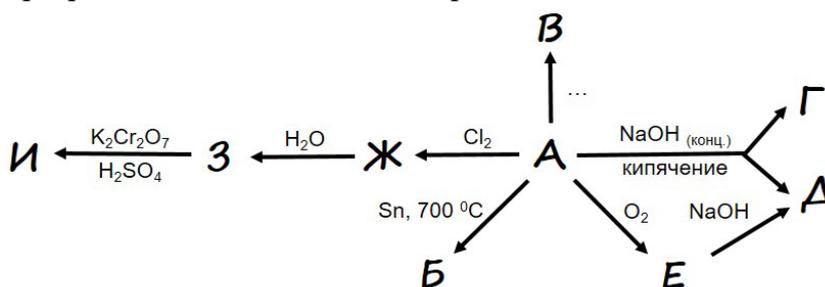


Вариант I

1. Выпускники МФТИ Андрей Гейм и Константин Новоселов начали исследование двумерных материалов в 2004 году, за что впоследствии получили Нобелевскую премию. Такие 2D-материалы имеют толщину всего в несколько атомных слоев, что и определяет их уникальные свойства.

Активно развиваются исследования перспективных 2D-материалов на основе соединений элемента X. Простое вещество А элемента X и многие его соединения являются полупроводниками, а их проводимость увеличивается при воздействии тепла и света, что придает особые свойства получаемому материалу. Приведенная схема описывает превращения веществ А-И, содержащих X.

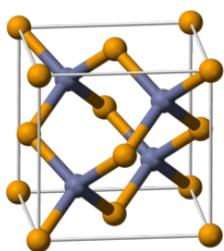
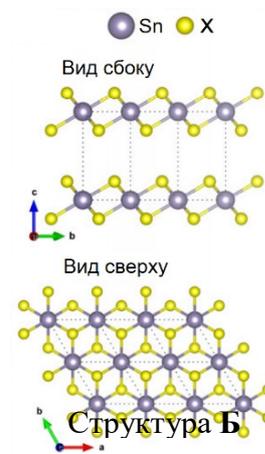


Массовая доля X в веществе Е равна 71,2 %, а плотность паров вещества Ж составляет 9,87 г/л (н.у.).

Структура вещества Б, состоящего из атомов X и атомов олова, показана на рисунке. 2D-пленка монослоя вещества Б имеет высокий показатель преломления, который позволяет создавать на ее основе ультратонкие линзы, биосенсоры и транзисторы.

Вещество В используется в производстве стекла, детекторов излучения, углекислотных лазеров, а из его монокристаллов изготавливают линзы и зеркала для инфракрасной техники. Вещество В применяется в приборах ночного видения и досмотра багажа, флюорографах и системах слежения. Плотность В составляет 5,26 г/см³. В приведенной на рисунке кубической элементарной ячейке В атомы X находятся в вершинах и центрах граней, а атомы второго элемента занимают тетраэдрические пустоты внутри ячейки, при этом длина ребра куба (параметр решетки) составляет 5,668 Å (1 Å = 10⁻¹⁰ м).

Справка: Частицы кристаллических веществ имеют строго определенное расположение, что можно представить в виде пространственного каркаса – кристаллической решетки. Кристаллическая решетка состоит из фрагментов – элементарных ячеек, имеющих минимальный объем и обладающих всеми свойствами решетки. Во всех направлениях ячейки повторяются, и каждый атом входит в состав одной или нескольких ячеек.



Элементарная ячейка В

- 1) Какой материал исследовали А. Гейм и К. Новосёлов?
- 2) Установите формулы А-И.
- 3) Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме.

2. Известный минерал имеет состав $A_aB_bC_cD_dE_e$. Установите элементный состав минерала, учитывая следующие факты.
- 1) Два элемента, входящие в состав минерала, являются металлами.
 - 2) Простое вещество, состоящее из атомов A , реагирует с водой, при этом образуется вещество, которое используется для побелки и штукатурки, и выделяется газообразное простое вещество, состоящее из атомов E .
 - 3) Простое вещество, состоящее из атомов E , образуется также при реакциях с водным раствором $NaOH$ простых веществ, состоящих из атомов B , и из атомов C (со щелочью активно реагирует только аморфная разновидность вещества C). Элементы B и C являются соседними в периоде.
 - 4) Соединение элемента E с элементом D при стандартных условиях ($25\text{ }^\circ\text{C}$, 101 кПа) представляет собой жидкость, в отличие от всех остальных простейших бинарных соединений, в состав которых входит элемент E .

Определите простейшую формулу минерала $A_aB_bC_cD_dE_e$, если массовые доли элементов A , B , C и D соответственно равны 17,62 %, 17,84 %, 18,50 %, 45,82 %. Напишите уравнения трех химических реакций, описанных в условии задачи.

3. Фторапатит $Ca_5(PO_4)_3F$ сплавили с кремнеземом и коксом в электропечи. В результате реакции образовались четыре вещества (A, B, C, D). Пары одного из них - вещества A , сконденсировали, после чего прибавляли к нему подогретый раствор гидроксида калия с концентрацией 5 моль/л до прекращения выделения газа E . Объем добавленного раствора гидроксида калия составил 3 л. Вещество E является водородным соединением. Определите все вещества, образующиеся в ходе взаимодействий. Составьте уравнения двух проведенных реакций, используя метод электронного баланса. Определите массу прореагировавшего фторапатита, учитывая, что выход вещества A составил 84 %.
4. Гоша увлекся химией и обратился к своему учителю с просьбой о работе в лаборатории. Учитель решил поддержать интерес ученика и попросил любознательного юношу разобрать шкаф с неопознанными реактивами и установить их состав. В первой склянке Гоша обнаружил твердое кристаллическое вещество (X) белого цвета, без запаха. Будучи умным и начитанным мальчиком, Гоша действовал следующим образом – проверил действие воды и кислоты на вещество, а также изучил свойства образующихся продуктов. Наблюдения он представил в виде таблицы.

Реагент	Наблюдения
H_2O	Бурная реакция с выделением газа без цвета и запаха (реакция 1). После реакции фенолфталеин в растворе окрасился в малиновый цвет, $pH = 12$.
HCl	Бурная реакция с выделением газа без цвета и запаха (реакция 2).

Опытным путем Гоша установил, что газ (Y), выделяющийся в реакциях 1 и 2 одинаковый – имеет плотность по кислороду 0,0625 и загорается с характерным хлопком (**реакция 3**).

- 1) Предложите возможный состав вещества **X**, газа **Y**. Известно, что для первой реакции была взята навеска **X** массой 0,040 г и объем конечного раствора составил 100 мл.
- 2) Напишите уравнения **реакций 1-3**.
- 3) Вычислите массу вещества **X**, взятого для второй реакции, если общий объем выделившегося газа **Y** по реакциям 1 и 2 при температуре 20 °С и давлении 100 кПа составил 98 мл.

При расчетах считайте, что все реакции протекают полностью.

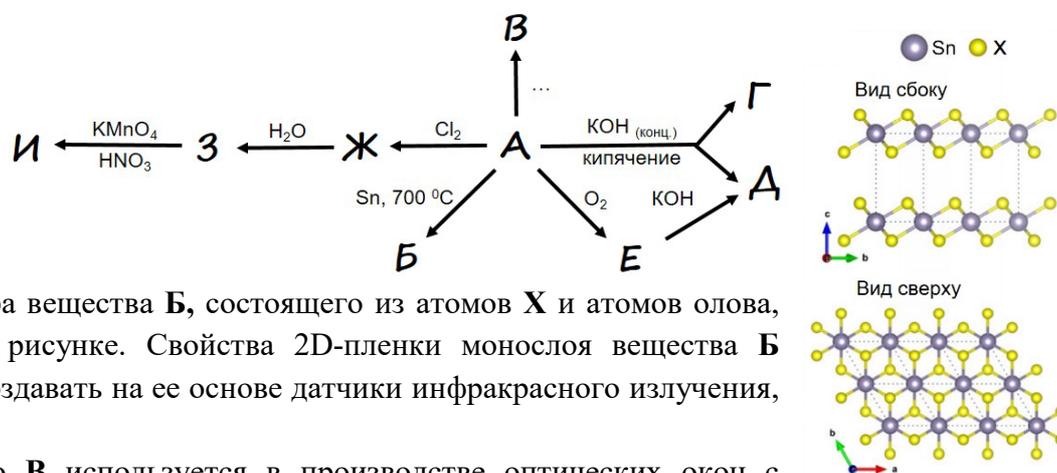
5. Порошок меди смешали с порошком серы в массовом соотношении 4:1. Смесь нагрели в вакууме. Полученную соль растворили в избытке концентрированной азотной кислоты. При этом восстановитель отдал $1,204 \cdot 10^{23}$ электронов, а выпадение осадка не наблюдали.
 - 1) Запишите уравнения химических реакций.
 - 2) Рассчитайте массу соли, которая прореагировала с азотной кислотой.
 - 3) Рассчитайте минимальный объем 15%-го раствора гидроксида калия с плотностью 1,14 г/мл, который потребуется для полного поглощения выделившегося газа.

Вариант II

1. Выпускники МФТИ Андрей Гейм и Константин Новоселов начали исследование двумерных материалов в 2004 году, за что впоследствии получили Нобелевскую премию. Такие 2D-материалы имеют толщину всего в несколько атомных слоев, что и определяет их уникальные свойства.

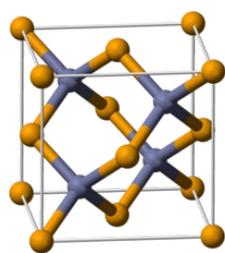
Активно развиваются исследования перспективных 2D-материалов на основе соединений элемента X. Простое вещество A элемента X и многие его соединения являются полупроводниками, а их проводимость увеличивается при воздействии тепла и света, что придает особые свойства получаемому материалу. Приведенная схема описывает превращения веществ A-И, содержащих X.

Массовая доля X в веществе E равна 80,0 %, а плотность паров вещества Ж составляет 12,0 г/л (н.у.).



Структура вещества B, состоящего из атомов X и атомов олова, показана на рисунке. Свойства 2D-пленки монослоя вещества B позволяют создавать на ее основе датчики инфракрасного излучения, биосенсоры.

Вещество B используется в производстве оптических окон с широким пропусканием в инфракрасном спектре, а из его тонких пленок изготавливают солнечные панели. По некоторым данным, такие панели обладают меньшим углеродным следом и более дешевы, чем кремниевые. Плотность B составляет 5,86 г/см³. В приведенной на рисунке кубической элементарной ячейке B атомы X находятся в вершинах и центрах граней, а атомы второго элемента занимают тетраэдрические пустоты внутри ячейки, при этом длина ребра куба (параметр решетки) составляет 6,478 Å (1 Å = 10⁻¹⁰ м).



Элементарная ячейка B

Структура B

Справка: Частицы кристаллических веществ имеют строго определенное расположение, что можно представить в виде пространственного каркаса – кристаллической решетки. Кристаллическая решетка состоит из фрагментов – элементарных ячеек, имеющих минимальный объем и обладающих всеми свойствами решетки. Во всех направлениях ячейки повторяются, и каждый атом входит в состав одной или нескольких ячеек.

- 1) Какой материал исследовали А. Гейм и К. Новосёлов?
- 2) Установите формулы веществ А-И.
- 3) Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме.

2. Известный минерал имеет состав $A_aB_bC_cD_dE_e$. Установите элементный состав минерала, учитывая следующие факты.

1) Четыре элемента, входящие в состав минерала, являются неметаллами.

2) Элемент **В** следует непосредственно за элементом **А** в Периодической системе.

Простые вещества, состоящие из атомов **А** и из атомов **В**, реагируют с водным раствором NaOH, и в этих реакциях образуется газообразное простое вещество, состоящее из атомов **Д**.

3) Смесь двух газообразных простых веществ: вещества, состоящего из атомов **Д** и вещества, состоящего из атомов **С** - взрывоопасна и называется так же, как очень ядовитая змея.

4) Элемент **Е** характеризуется большим значением электроотрицательности, чем элемент **С**.

Определите простейшую формулу минерала $A_aB_bC_cD_dE_e$, если массовые доли элементов **А**, **В**, **С** и **Д** соответственно равны 24,77 %, 12,84 %, 44,04 %, 0,92 %. Напишите уравнения реакций **А** и **В** с раствором NaOH, и реакции, проходящей при взрыве смеси веществ **Д** и **С**.

3. Порошок цинка смешали с кристаллическим диоксидом марганца и избытком твердого хлорида аммония. Полученную смесь нагрели до 250 °С в вакууме. В результате реакции образовалось четыре вещества (А,В,С,Д), одно из которых - вещество А газообразно (при нормальных условиях), а другое - вещество В выделили в виде бурых кристаллов. Вещество В, представляющее собой оксид с массовой долей кислорода 30,38 %, обработали избытком концентрированной соляной кислоты при нагревании. В реакции вещества В с соляной кислотой выделился газ Е, объем которого при температуре 50 °С и давлении 90 кПа составил 59,48 л. Определите все вещества, образующиеся в ходе взаимодействий. Составьте уравнения двух проведенных реакций, используя метод электронного баланса. Вычислите, какая масса хлорида аммония прореагировала в первой реакции.

4. Гоша увлекся химией и обратился к своему учителю с просьбой о работе в лаборатории. Учитель решил поддержать интерес ученика и попросил любознательного юношу разобрать шкаф с неопознанными реактивами и установить их состав. В первой склянке Гоша обнаружил твердое кристаллическое вещество (**Х**) белого цвета, без запаха. Будучи умным и начитанным мальчиком, Гоша действовал следующим образом – проверил действие воды и кислоты на вещество, а также изучил свойства образующихся продуктов. Все наблюдения он представил в виде таблицы.

Реагент	Наблюдения
H_2O	Бурная реакция с выделением газа без цвета и запаха (реакция 1). После реакции фенолфталеин в растворе окрасился в малиновый цвет, pH = 11.
HCl	Бурная реакция с выделением газа без цвета и запаха (реакция 2).

Опытным путем Гоша установил, что газ (**У**), выделяющийся в реакциях 1 и 2 одинаковый – имеет плотность по кислороду 0,0625 и загорается с характерным хлопком (**реакция 3**).

- 1) Предложите возможный состав вещества **X**, газа **Y**. Известно, что для первой реакции была взята навеска **X** массой 0,0042 г и объем конечного раствора составил 200 мл.
- 2) Напишите уравнения **реакций 1-3**.
- 3) Вычислите массу вещества **X**, взятого для второй реакции, если общий объем выделившегося газа **Y** по реакциям 1 и 2 при температуре 25 °С и давлении 98 кПа составил 31 мл.

При расчетах считайте, что все реакции протекают полностью.

4. Порошок железа смешали с порошком серы в массовом соотношении 7:4. Смесь нагрели. Полученную соль растворили в избытке концентрированной азотной кислоты. При этом восстановитель отдал $1,084 \cdot 10^{23}$ электронов, а выпадение осадка не наблюдали.
 - 1) Запишите уравнения химических реакций
 - 2) Рассчитайте массу соли, которая прореагировала с азотной кислотой.
 - 3) Рассчитайте минимальный объем 3%-го раствора гидроксида бария с плотностью 1,04 г/мл, который потребуется для полного поглощения выделившегося газа.