

Следовательно, масса выделившегося флогистона равна -17143 г.

б) Опроверг теорию флогистона Антуан Лоран Лавуазье. Горение веществ по Лавуазье заключается во взаимодействии с кислородом воздуха, за счет чего масса продукта реакции больше массы исходного вещества.

Похожие опыты проводил Михаил Васильевич Ломоносов.

Критерии оценивания:

- 1) Ответ, что больше флогистона в угле – 1 балл. Объяснение - 1 балл.
- 2) Каждая реакция – по 2 балла (всего 8 баллов).
- 3) Объяснение того, что в угле больше флогистона – 2 балла.
- 4) Догадка об отрицательной массе флогистона – 2 балла.
- 5) Расчет массы реагирующего железа – 2 балла. Расчет массы присоединенного кислорода – 1 балл. Масса флогистона – 1 балл.
- б) Фамилия ученого(любого из указанных в решении) – 1 балл. Объяснение – 1 балл.

Задача №2

В двух прочных запаянных ампулах находится по 1,000 г веществ К, Л. Каждую из них выдерживали в течении нескольких часов при 600°C. При этой температуре в ампулах присутствовали только газы. После охлаждения ампул до 55°C, в каждой их ампул было замечено образование капель жидкости. В таблице ниже представлены некоторые данные по проведенным экспериментам:

| | 600°C | | 55°C | | | |
|----------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| | D _{H2} (смеси) | Число газов в смеси | D _{H2} (смеси) | Число газов в смеси | m(жид-ти), г | ρ(жид-ти), г/мл |
| К | 10,667 | 2 | 14 | 1 | 0,5625 | 1,00 |
| Л | 40,625 | 3 | 20,667 | 2 | 0,6185 | 13,54 |

- 1) Определите вещества **К**, **Л**. Ответ подтвердите расчётом. (При расчётах молярные массы атомов необходимо округлять до целых).
- 2) Напишите уравнения реакций разложения исследуемых веществ.

Решение:

1) Вывод вещества К:

Так как ρ(жид-ти) = 1,00 г/мл, сл-но – эта жидкость представляет собой воду.

После охлаждения ампулы оставшийся газ представляет собой индивидуальное соединение:

$M(\Gamma) = 14 \times 2 = 28$ г/моль, что может соответствовать азоту или угарный газ.

$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,5625/18 = 0,03125$ моль; $\nu(\Gamma) = (1-0,5625)/28 = 0,015625$ моль

$\nu(\text{H}_2\text{O}) : \nu(\Gamma) = 2 : 1$, тогда

К → 2H₂O + Γ, если газ – N₂, то соединение **К** – NH₄NO₂ (нитрит аммония)

Уравнение реакции: NH₄NO₂ → N₂ + 2H₂O

| | |
|-----------------------------------------------------|---------------------|
| Вывод о том что жидкость – вода | 2 балла |
| Расчёт M(газа) | 2 балла |
| Вывод соли К | 4 балла |
| Уравнение реакции (без правильных коэффициентов) | 2 балла (1 балл) |
| Итого за вывод соли К | 10 баллов |

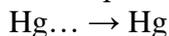
2) Вывод вещества Л:

$M(\text{смеси}, 600^\circ\text{C}) = 40,575 \times 2 = 81,15$ г/моль

$M(\text{смеси}, \text{комн. т-ра}) = 20,667 \times 2 = 41,334$ г/моль

Резкое уменьшение плотности газовой смеси и высокая плотность жидкости позволяет сделать вывод, что жидкость – это ртуть, следовательно, произошло разложение соли ртути. Тогда один из газов скорее всего кислород.

Схема реакции:



Тогда, $M(\text{соли}) = 1,000 \times M(\text{Hg})/m(\text{Hg}) = 1 \times 201/0,6185 = 325$ г/моль

$M(\text{кисл. остатка}) = 325 - 201 = 124$ г/моль.

Разлагается с образованием только смеси газов – оксалат, нитрат или карбонат.

Тогда, **L** – $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (нитрат ртути (II)).

Уравнение реакции: $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Hg} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$

| | |
|-----------------------------------------------------|----------------------|
| Вывод о том что жидкость – ртуть | 4 балла |
| Вывод соли L (за расчёт M(соли)) | 4 балла (2 балла) |
| Уравнение реакции (без правильных коэффициентов) | 2 балла (1 балл) |
| Итого за вывод соли L | 10 баллов |

Итого 20 баллов

Задача №3

Стержни различных карандашей изготавливают из веществ **A** и **Г**. Эти вещества образуются при разложении (со взрывом) бинарного вещества **Ж** в инертной атмосфере. Массовая доля одного из элементов в **Ж** составляет 10,0%. Рисунки, сделанные карандашом со стержнем, изготовленным из вещества **A**, со временем приобретают коричневый оттенок.

При взаимодействии вещества **A** с концентрированной азотной кислотой образуются вещество **Б**, применявшееся раньше для дезинфекции ран, и газ **В**. Вещество **Б** взаимодействует с раствором гидроксида натрия, при этом образуется соль **С1** и окрашенный осадок **Д**, который разлагается при 300°C на вещество **A** и газ **Е**.

При взаимодействии вещества **Г** с концентрированной азотной кислотой образуется смесь газов **В** и **З**. Если пропускать эту смесь через избыток раствора гидроксида натрия, то образуются соли **С1**, **С2** и **С3**. Если смесь газов **В** и **З** смешать с стехиометрическим количеством газа **Е**, то при пропускании этой смеси через избыток раствора щелочи образуются **С1** и **С2**.

Так же известно, что при взаимодействии растворов веществ **Б** и **С2** образуются **С1** и светло-желтый осадок соли **С4**.

1. Определите формулы вещества **A**, **Г** и **Ж**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Объясните, почему рисунки, выполненные карандашами со стержнем из вещества **A**, со временем меняют цвет.
3. Определите формулы остальных веществ.
4. Напишите уравнения всех упомянутых в тексте задачи реакций. Учтите, что во всех упомянутых реакциях **может** участвовать или образовываться вода.

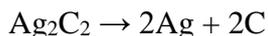
Решение:

1) Разумно предположить, что один из материалов грифеля карандаша уголь. Тогда можно рассчитать состав вещества **Ж**. Скорее всего приведенная массовая доля – это массовая доля углерода, как достаточно легкого элемента. Состав вещества **Ж** можно представить формулой $\text{C}_x\text{Э}_y$. Рассмотрим, вариант, когда в формулярной единице вещества один атом углерода, т.е. состава вещества выражается формулой CЭ_y , тогда молярная масса вещества равна:

$$M(\text{CЭ}_y) = \frac{M(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{12 \text{ г/моль}}{0,1} = 120 \text{ г/моль}$$

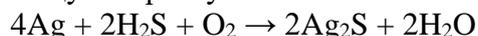
Тогда молярная масса «у» атомов элемента составляет 108 г/моль. Несложно заметить, что это соответствует одному атому серебра. Тогда формулярная единица вещества **Ж** – AgC , что

отвечает ацетилениду серебра Ag_2C_2 . Ацетиленид серебра разлагается при нагревании на серебро и углерод (если проводить реакцию не в инертной атмосфере, то будут образовываться их оксиды):



Так как с рисунками, выполненными угольным карандашом, со временем ничего не происходит, то можно сделать вывод, что вещество **Г** – уголь (графит), тогда вещество **А** – серебро.

2) Рисунки, выполненные серебряным карандашом, приобретают коричневую окраску со временем, т.к. серебро реагирует с сероводородом, всегда присутствующим в воздухе даже в небольших концентрациях, в присутствии кислорода, и образующийся устойчивый сульфид серебра обуславливает возникающую окраску:



3) При взаимодействии серебра с концентрированной азотной кислотой образуются нитрат серебра AgNO_3 (**Б**) и оксид азота (IV) (газ **В**). Нитрат серебра взаимодействует с раствором гидроксида натрия, при этом образуется нитрат натрия (соль **С₁**) и осадок оксида серебра Ag_2O (**Д**). Оксид серебра разлагается на серебро и кислород O_2 (газ **Е**).

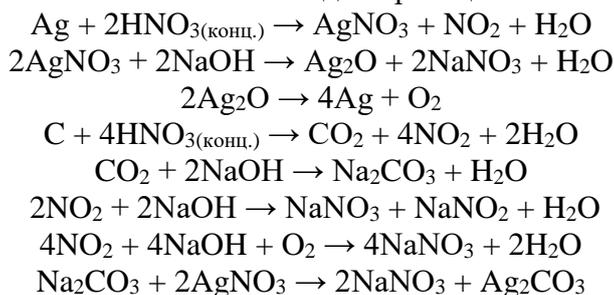
При взаимодействии угля с концентрированной азотной кислотой образуются оксид азота (IV) (газ **В**) и углекислый газ (газ **З**). При пропускании этой смеси через раствор гидроксида натрия в обоих случаях образуется карбонат натрия. Оксид азота (IV) при взаимодействии с щелочью диспропорционирует на нитрат натрия и нитрит натрия, а в присутствии кислорода азот окисляется до степени окисления +5, поэтому образуется только нитрат натрия (соль **С₁**). Следовательно, соль **С₂** – карбонат натрия Na_2CO_3 , а соль **С₃** – нитрит натрия NaNO_2 .

При смешивании растворов нитрата серебра (**Б**) и карбоната натрия (**С₂**) образуются нитрат натрия (**С₁**) и осадок карбоната серебра (**С₄**).

Итого:

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|-------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Ag | AgNO_3 | NO_2 | С | Ag_2O | O_2 |
| Ж | З | С₁ | С₂ | С₃ | С₄ |
| Ag_2C_2 | CO_2 | NaNO_3 | Na_2CO_3 | NaNO_2 | Ag_2CO_3 |

4) Уравнения остальных описанных в тексте задачи реакций:



Критерии оценивания:

1) Любой разумный вывод формулы вещества **Ж** – **2 балла** (1 балл, если написано, что формула **Ж** - AgC). Уравнение разложения вещества **Ж** – **1 балл**.

2) Объяснение факта изменения окраски рисунка, сделанного серебряным карандашом – **1 балл**. Уравнение реакции серебра с сероводородом и кислородом – **1 балл**.

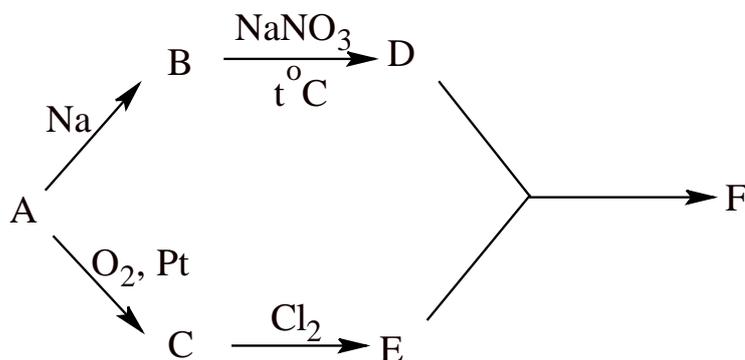
3) Определение остальных веществ – по **1 баллу** (всего **11 баллов**).

4) Написание остальных реакций – по **0,5 балла** (всего **4 балла**).

Итого 20 баллов

Задача №4

Необычное бинарное соединение **F** было выделено в твёрдом виде только в 1993 году. Данное вещество образуется при взаимодействии твёрдого бинарного вещества **D** ($\omega(\text{Na}) = 35,38\%$) и газообразного вещества **E**. Схема синтеза **F** из вещества **A** ($\rho_{\text{н.у.}} = 0,759 \text{ г/л}$), объёмы производства которого достигают двухсот млн. тонн, приведена на схеме ниже:



- 1) Определите все зашифрованные вещества. Для веществ **A** и **D** приведите необходимый расчёт.
- 2) Напишите уравнения реакций (5 реакций).
- 3) Как называется вещество **F**.
- 4) Приведите структурную формулу вещества **F**.

Решение:

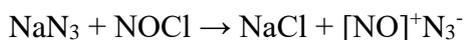
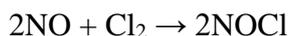
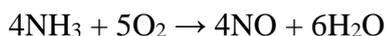
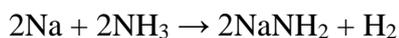
1-2) Уравнения реакций и вещества:

| A | B | C | D | E | F |
|---------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|-------------------------------------|
| NH_3 | NaNH_2 | NO | NaN_3 | NOCl | $\text{NON}_3 (\text{N}_4\text{O})$ |

Проверка:

$$M(\text{A}) = 0,759 \times 22,4 = 17 \text{ г/моль}$$

$$\omega(\text{Na})_{\text{D}} = 23/65 = 35,38\%$$



3) Нитрозилазид



Критерии оценивания:

За каждое уравнение – 1 балл

(без верных коэффициентов – 0,5 балла)

За каждое вещество **A** – **F** – 2 балла

(если **A** и **D** не подтверждены расчётом, за эти два вещества – 0 баллов)

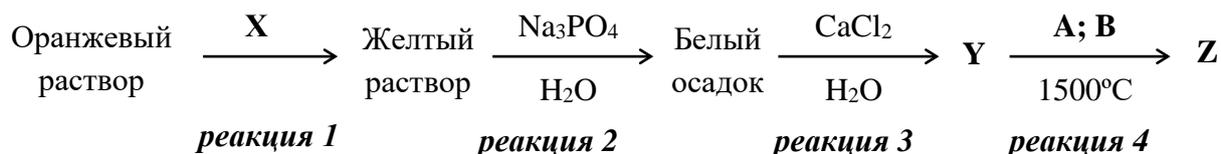
Название – 1 балл

Структура – 2 балла

Итого: 20 баллов

Задача №5

Ниже представлена схема превращений:



Известно, что:

- 1) Если к исходному оранжевому раствору добавить концентрированную соляную кислоту, то окраска изменится на красную (*реакция 5*).
- 2) При нагревании вещества **X** в инертной атмосфере масса вещества сначала уменьшается на 42,86%, а при дальнейшем прокаливании остатка ещё на 37,50%.
- 3) **Z** – желтоватое воскообразное ядовитое вещество, хранящееся под слоем очищенной воды.
- 4) Если расплавить обезвоженный белый осадок, полученный в ходе реакции 2, и пропускать через расплав постоянный электрический ток, то образуется металл **C**, ещё одно простое вещество и одно сложное (*реакция 6*).
- 5) Одним из возможных продуктов взаимодействия металла **C** с веществом **Z**, является вещество **D** немолекулярного строения (массовая доля металла в **D** равна 18,42%).

Выполните следующее задание:

- 1) Определите вещества **X**, **Y**, **Z**, **A – D**, и каким веществом является белый осадок. Запишите их формулы. Какое вещество содержится в исходном оранжевом растворе?
- 2) Напишите уравнения реакций №2, №3, №4, №6. Объясните изменение окраски раствора в ходе реакций №1 и №5.
- 3) Объясните, почему протекает реакция №3.
- 4) Изобразите структуру вещества **D**.

Решение:

1) Так как окраска желтого раствора меняется на оранжевую при добавлении вещества **X**, то можно предположить, что оранжевый раствор – это раствор, содержащий дихромат-анионы. Это предположение противоречит факту, что при добавлении концентрированной соляной кислоты окраска меняется на красную (для катионов Cr^{3+} , которые должны были образоваться, характерна другая окраска раствора). Поэтому в исходном оранжевом растворе содержится другое вещество. Судя по изменениям цветов, под это описание подходит метилоранж, тогда **X** – вещество, являющееся щелочью, или вещество, взаимодействующее с раствором с образованием щелочи. Найдем, что собой представляет вещество **X**. Для этого проанализируем конец цепочки превращений. Веществом **Z**, судя по описанию, может быть белый фосфор, особенно, если учесть, что на предыдущих стадиях участвуют ортофосфат натрия и хлорид кальция. Реакция 4, судя по всему, это реакция получения белого фосфора при спекании ортофосфата кальция, оксида кремния (IV) и угля. Тогда, **Y** – ортофосфат кальция, **A** и **B** – это оксид кремния (IV) и уголь (или наоборот). Тогда белый осадок - это нерастворимая соль ортофосфорной кислоты. С учетом того, что **X** является щелочью или взаимодействует с водой с образованием щелочи, то разумно предположить, что **X** – растворимое основание, разлагающееся при нагревании на оксид и воду, чем обусловлено одно из изменений масс при нагревании. Необходимо проанализировать изменение масс гидроксида лития (единственный гидроксид щелочного металла, который подвергается разложению на оксид и воду), гидроксида таллия (I), гидроксида кальция, стронция и бария при разложении на оксид и воду:

| Гидроксид | LiOH | TiOH | Ca(OH) ₂ | Sr(OH) ₂ | Ba(OH) ₂ |
|-----------------------------------------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Отношение массы воды к массе гидроксида | 0,375 | 0,044 | 0,243 | 0,148 | 0,105 |

Таким образом, второму изменению массы вещества **X** при нагревании соответствует разложение гидроксида лития на оксид лития и воду. Поймем, почему меняется масса в начале процесса нагревания вещества **X**. Пусть при нагревании **X** образовался 1 моль гидроксида лития. Тогда его масса равна 24 г, и это составляет 57,14% (100% – 42,86%) от массы вещества **X**. Значит, масса **X** равна:

$$m(X) = m(\text{LiOH}) : 0,5714 = 24 \text{ г} : 0,5714 = 42 \text{ г}$$

Несложно заметить, что разница масс (42 г – 24 г = 18 г) соответствует одному моль воды, тогда **X** – это моногидрат гидроксида лития $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, добавление которого к раствору метилоранжа обуславливает изменение окраски раствора.

Тогда, белый осадок – это ортофосфат лития Li_3PO_4 , продуктами электролиза расплава которого являются литий (металл **C**), оксид фосфора (**V**) и кислород.

При взаимодействии лития (**C**) с фосфором (**Z**) возможно образование ряда фосфидов лития. Рассчитаем состав фосфида Li_xP_y , образующегося в нашем случае. Пусть масса фосфида равна 100 г, тогда:

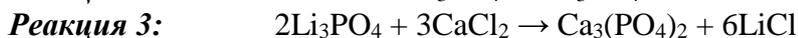
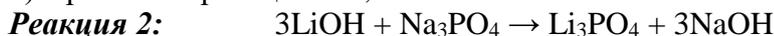
$$\begin{aligned} m(\text{Li}) &= m(\text{Li}_x\text{P}_y) \cdot \omega(\text{Li}) = 100 \text{ г} \cdot 0,1842 = 18,42 \text{ г} \\ m(\text{P}) &= m(\text{Li}_x\text{P}_y) - m(\text{Li}) = 100 \text{ г} - 18,42 \text{ г} = 81,58 \text{ г} \\ n(\text{Li}) &= m(\text{Li}) : M(\text{Li}) = 18,42 \text{ г} : 7 \text{ г/моль} \approx 2,631 \text{ моль} \\ n(\text{P}) &= m(\text{P}) : M(\text{P}) = 81,58 \text{ г} : 31 \text{ г/моль} \approx 2,631 \text{ моль} \end{aligned}$$

Следовательно, соотношение количества атомов лития и фосфора равно 1:1, т.е. формула фосфида лития – LiP (вещество **D**).

Итого:

| A | B | C | D | X | Y | Z | Белый осадок |
|----------|----------------|-----------|--------------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|
| C | SiO_2 | Li | LiP | $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | P₄ | Li_3PO_4 |

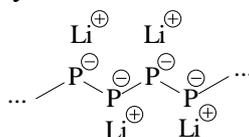
2) Уравнения реакций 2-4, 6:



Изменение окраски метилоранжа в ходе реакции 1 и реакции 5 связано с изменением среды раствора.

3) Реакция 3 протекает в водном растворе, т.к. ортофосфат лития обратимо растворяется, как и любое нерастворимое вещество. Переходящие в раствор ортофосфат-анионы связываются катионами кальция в ортофосфат кальция, который выпадает в осадок. Равновесия смещены в сторону образования ортофосфата кальция, т.к. его растворимость ниже.

4) Структура фосфида лития LiP следующая:



Критерии оценивания:

1) Любой разумный вывод формулы вещества **X** – **4 балла** (2 балла за вывод формулы гидроксида лития, 2 балла за вывод формулы гидрата лития). Расчет формулы вещества **D** – **1 балл**. Определение остальных веществ – по **1 баллу**. Всего – **11 баллов**.

2) Уравнения реакций и объяснение изменения окраски раствора – по **1 баллу**. Всего – **5 баллов**.

3) Объяснение причины протекания реакции 3 – **2 балла**.

4) Структура вещества **D** – **2 балла**.

Итого 20 баллов

Задача №6

Элемент **W** образует три бинарных соединения **A₁**, **A₂**, **A₃**, имеющих одинаковый стехиометрический состав. Данные вещества имеют широкое применение, например, **A₁** используется в качестве мягкого восстановителя, **A₂** и **A₃** применяются в качестве полупроводников. Однако, прямым взаимодействием получить вещества **A₁**-**A₃** достаточно сложно, так как образуются побочные продукты - соединения **B₁**, **B₂**, **B₃**. Для синтеза соединений **A₁**-**A₃** используют белые кристаллы вещества **K**.

10,000 г вещества **K** аккуратно растворили в 200 мл воды. Образовавшийся раствор разделили на три равные части. К первой части добавили раствор аммиака до pH = 10 (реакция 1). Выпавший осадок отфильтровали и прокалили в атмосфере аргона (реакция 2). При этом получили 1,991 г вещества **A₁**. К второй части раствора добавили раствор, содержащий 1,05-кратный избыток сульфида натрия (реакция 3). При этом получили 2,227 г вещества **A₂**. К третьей части раствора добавили 100 мл раствора гидразина N₂H₄ и 1,167 г простого вещества **L** (реакция 4). В результате получили 2,920 г вещества **A₃**. Во всех случаях, при добавлении нитрата серебра к фильтрату наблюдалось выпадение белого творожистого осадка.

1) Определите элемент **W**, рассчитайте состав веществ **K**, **A₁**, **A₂**, **A₃** и определите простое вещество **L**. (При расчётах молярные массы атомов необходимо округлять до целых).

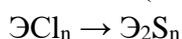
2) Напишите уравнения реакций 1-4.

3) Определите соединения **B₁**-**B₃** и напишите уравнения реакций их получения взаимодействием соответствующих простых.

Решение

Т.к. при добавлении к фильтрату нитрата серебра наблюдалось выпадение белого творожистого осадка, то соль **K** – это хлорид.

Тогда можно составить следующую схему синтеза:



Так как исходный раствор разделили на три равные части, то

$v(\text{Э}_2\text{O}_n) = v(\text{Э}_2\text{S}_n)$, тогда

$$\frac{1,991}{2X + 16n} = \frac{2,227}{2X + 32n} \Rightarrow X = 59,46n$$

При $n = 2$, $X = 119$ г/моль, что соответствует олову (Sn)

Тогда, **A₁** – **SnO**, **A₂** – **SnS**

A₃ – **SnL**, $M(\text{SnL}) = 2,92 \times 135 / 1,991 = 198$ г/моль, **M(L) = 79 г/моль – Se**

A₃ – **SnSe**

$$M(\text{K}) = \frac{10 \times 135}{3 \times 1,991} = 226 \text{ г/моль}$$

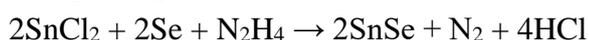
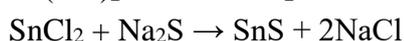
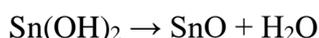
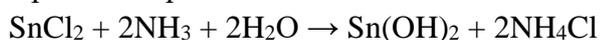
Если **K** – хлорид олова (II), $M(\text{SnCl}_2) = 119 + 71 = 190$ г/моль.

Тогда $M(\text{остатка в K}) = 226 - 190 = 36$ г/моль, что соответствует 2 молекулам воды, следовательно **K** – **SnCl₂·2H₂O**

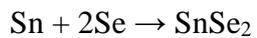
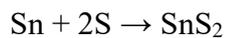
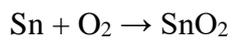
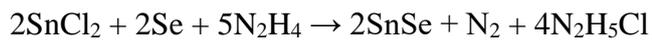
Тогда **B₁** – **SnO₂**, **B₂** – **SnS₂**, **B₃** – **SnSe₂**

| | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| W | A₁ | A₂ | A₃ | L | K | B₁ | B₂ | B₃ |
| Sn | SnO | SnS | SnSe | Se | SnCl₂·2H₂O | SnO₂ | SnS₂ | SnSe₂ |

Уравнения реакций:



ИЛИ



Критерии оценивания:

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <i>Расчёт элемента X, вещества L и веществ A₁ – A₃ по 2 балла</i> | <i>10 баллов</i> |
| <i>Расчёт вещества K</i> | <i>3 балла</i> |
| <i>Вещества B₁ – B₃ по 0,5 балла</i> | <i>1,5 балла</i> |
| <i>Реакции 1-4 по 1 баллу</i> | <i>4 балла</i> |
| <i>Реакции получения B₁ – B₃ по 0,5 балла</i> | <i>1,5 балла</i> |

Итого: 20 баллов