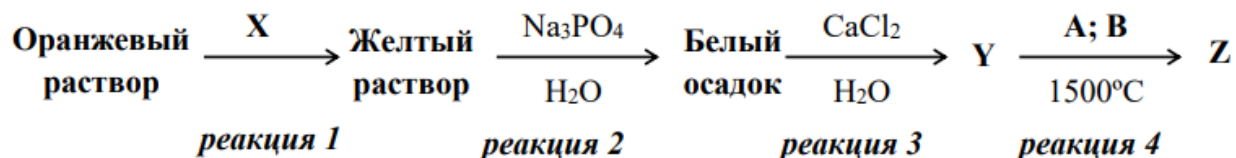


Задача №5

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	TlOH	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:

$$m(\text{Li}) = m(\text{Li}_x\text{P}_y) \cdot \omega(\text{Li}) = 100 \text{ г} \cdot 0,1842 = 18,42 \text{ г}$$

$$m(\text{P}) = m(\text{Li}_x\text{P}_y) - m(\text{Li}) = 100 \text{ г} - 18,42 \text{ г} = 81,58 \text{ г}$$

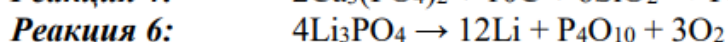
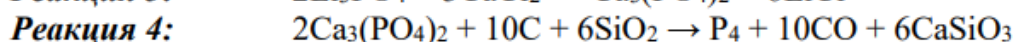
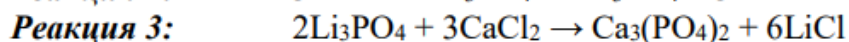
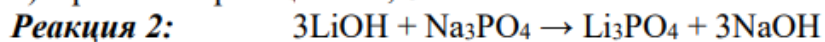
$$n(\text{Li}) = m(\text{Li}) : M(\text{Li}) = 18,42 \text{ г} : 7 \text{ г/моль} \approx 2,631 \text{ моль}$$

$$n(\text{P}) = m(\text{P}) : M(\text{P}) = 81,58 \text{ г} : 31 \text{ г/моль} \approx 2,631 \text{ моль}$$

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

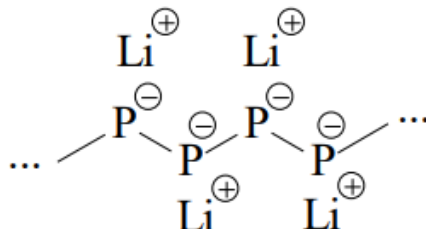
2) Уравнения реакций 2-4, 6:



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