

## Задача 2.

Ниже представлена методика получения достаточно интересного бинарного соединения **Z**, которое нельзя получить прямым взаимодействием веществ:

“В круглодонной колбе смешивается по 40 см<sup>3</sup> 0,6 М раствора сульфата меди (II) и 2,4 М раствора фосфорноватистой кислоты (*реакция 1*). После этого реакционную смесь нагревают до 45°C в течение 15 минут. Затем смесь охлаждают, выпавший темно-коричневый осадок **Z** отфильтровывают, промывают водой и высушивают в инертной атмосфере. Выход реакции обычно составляет около 75% (1,161 г)”. Высушивание нужно проводить очень аккуратно, так как вещество достаточно легко разлагается (*реакция 2*). Сухой **Z** обладает пирофорными свойствами и поэтому его нельзя хранить на воздухе, ввиду возможности протекания *реакции 3*.

1) Рассчитайте состав осадка **Z**, если дополнительно известно, что фосфорноватистая кислота берется в избытке, а фильтрат обесцвечивает подкисленный серной кислотой раствор перманганата калия (*реакция 4*) благодаря наличию в нём кислоты, содержащей 37,8% фосфора.

2) Запишите уравнения *реакций 1-4*.

Один из современных способов получения **Z** заключается в применении «сонохимии». То есть химические реакции проводят под воздействием ультразвуковых колебаний (от 20 кГц до нескольких МГц). При таком проведении эксперимента, за счет образования пузырьков и их последующего разрушения удаётся достичь локального нагрева температуры до 5000°C. Для получения **Z** достаточно подвергнуть воздействию раствор нитрата меди (II) ультразвуковой волной (20 Гц) в течение 4 часов. Ниже представлен механизм реакции (т.е. промежуточные реакции, которые приводят к образованию **Z**). К сожалению, в представленной схеме отсутствуют заряды промежуточных частиц:

1 стадия:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}\bullet + \bullet\text{OH}$

2 стадия:  $\text{Cu}^? + \text{H}\bullet \rightarrow \text{Cu}^? + \text{H}^?$

3 стадия:  $2\text{Cu}^? \rightarrow \text{Cu}^0 + \text{Cu}^?$

4 стадия:  $\text{Cu}^0 + \text{H}\bullet \rightarrow \text{Z}$

3) Запишите механизм реакции, поставив на месте «?» необходимый заряд иона.

4) Запишите уравнение реакции растворения **Z** в а) концентрированной азотной кислоте с образованием бурого газа, б) концентрированной серной кислоте с образованием газа с резким запахом.

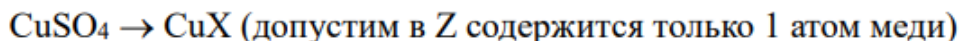
## Решение

### 1) Вывод **Z**:

Так как сульфат меди (II) находится в недостатке, то расчет ведется по нему:

$$\nu(\text{CuSO}_4) = 0,04 \cdot 0,6 = 0,024 \text{ моль}$$

Вероятнее всего **Z** содержит Cu, тогда, можно записать схему реакции:

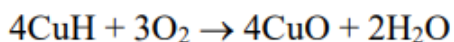
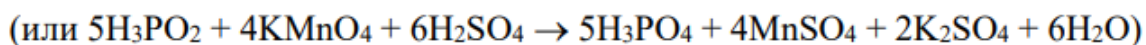
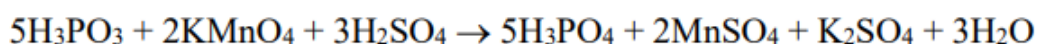
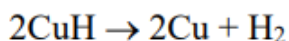
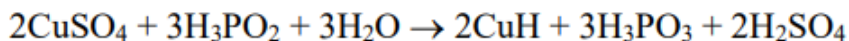


$$m_{\text{теор}}(\text{CuX}) = 1,161/0,75 = 1,548 \text{ г}$$

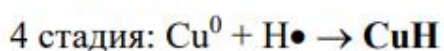
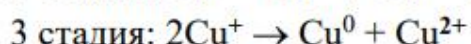
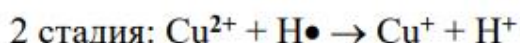
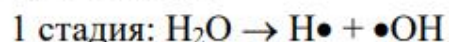
$$M(\text{CuX}) = 1,548/0,024 = 64,5 \text{ г/моль, сл-но X – водород, тогда}$$

**Z - CuH**

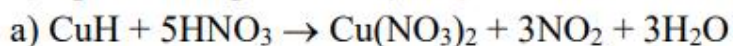
### 2) Реакции 1-4



### 3) Механизм:



### 4) Уравнения реакций а) и б)



## Критерии оценивания

Вывод вещества **Z**

3 балла

*(без расчета – 0 баллов)*

Уравнения реакций 1-4

2×4 = 8 баллов

*(если реакция не уравнена, но верно записаны участники реакции – 1 балл)*

Определение заряда ионов

1×5 = 5 баллов

Уравнения реакций а) и б)

2×2 = 4 балла

*(если реакция не уравнена, но верно записаны участники реакции – 1 балл)*