

### Задача:

Йодометрическое определение меди основано на реакции восстановления двухвалентной меди йодидом калия до одновалентной (*реакция 1*). Выделившийся при этом йод титруют раствором тиосульфата натрия (*реакция 2*). Для проведения анализа руды указанным методом ее необходимо перевести в раствор. Для этого навеску руды растворяют при нагревании в соляной кислоте с добавлением азотной кислоты. Как правило, одновременно с медью в руде присутствует железо. Если пробу разлагают азотной кислотой, то железо переходит в исследуемый раствор (*реакция 3*) и мешает йодометрическому определению меди, так как тоже взаимодействует с йодидом калия (*реакция 4*). Чтобы сделать возможным йодометрическое определение меди в присутствии железа, к анализируемому раствору добавляют фторид калия или аммония, который связывает железо в комплексный ион, не реагирующий с йодидом калия (*реакция 5*).

1. Напишите уравнения *реакций 1–5* (в реакции 3 в качестве исходного вещества используйте  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
2. Согласно окислительно-восстановительным свойствам ионов, реакция (1) должна протекать справа налево — как окисление меди(I) до меди(II). Однако этого не происходит, реакция полностью идет слева направо. Как это можно объяснить?
3. При проведении реакции исследуемой руды с йодидом калия в растворе следует избегать длительного контакта раствора с кислородом воздуха. Почему? Обоснуйте свой ответ.
4. Образец руды массой 10,0 г перевели в солянокислый раствор объемом 250,0 см<sup>3</sup>, отобрали 25,0 см<sup>3</sup> этого раствора, и прибавили к нему 10 см<sup>3</sup> раствора йодида калия с концентрацией 0,5 моль/дм<sup>3</sup>. Колбу поместили в темное место до окончания реакции, а затем добавили несколько капель крахмала и провели титрование раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  с концентрацией 0,05 моль/дм<sup>3</sup>. На титрование израсходовано 2,5 см<sup>3</sup> раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите массовую долю меди (в расчете на Cu) в руде.

### Решение:

1.  $2\text{CuCl}_2 + 4\text{KI} \rightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{KCl}$   
 $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$   
 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 10\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$   
 $2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 2\text{KI} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{I}_2 + 2\text{KNO}_3$   
 $2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{KI} \rightarrow 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 + 6\text{KNO}_3$  данный вариант тоже принимается  
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{KF} \rightarrow 3\text{KNO}_3 + \text{K}_3[\text{FeF}_6]$
2. CuI выпадает в осадок, поэтому равновесие реакции 1 сдвигается вправо и обратной реакции не происходит.

3. кислород окисляет иодид в кислой среде, получается дополнительный иод, он тоже вступает в реакцию с тиосульфатом натрия, в результате метод дает завышенные результаты (содержание меди, полученное данным методом, может оказаться выше, чем реальное).
4. Йодид калия взят в избытке и для расчета не используется. На титрование израсходовано 0,000125 моль  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Так как аликвота составила 0,1 от всего раствора (25 мл от 250 мл), то на весь раствор потребовалось бы 0,00125 моль тиосульфата натрия. Из двух первых уравнений реакций (реакции 1 и 2) видно, что количество моль меди равно количеству моль тиосульфата. Умножение на 64 дает 0,08 г, или (от навески в 10 г) 0,8%.