

## Одиннадцатый класс

Иодометрическое титрование (иодометрия) представляет собой удобный метод определения различных окислителей. Суть этого метода заключается во взаимодействии определяемого окислителя с иодид-ионами с образованием иода, который затем титруют стандартным раствором тиосульфата натрия. В качестве индикатора используют крахмал, который образует с иодом интенсивно окрашенные в синий цвет комплексы.

Исходя из сути метода, можно заключить, что иодометрия пригодна для определения окислителей, стандартный электродный потенциал которых выше, чем у пары иод/иодид, а точнее  $I_3^-/3I^-$  (+0,545 В). Так, например, иодометрически можно определять железо (III). Потенциал пары  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  равен +0,771 В, поэтому равновесие  $2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$  сильно смещено вправо и реакция протекает количественно.

Сегодня Вам предстоит иодометрическое определение железа (III) и меди (II). Но прежде чем приступить к его выполнению, ответьте на следующие вопросы:

1. Запишите брутто- и структурную формулы тиосульфата натрия. Как протекает его взаимодействие с иодом? Запишите уравнение реакции. Сколько электронов отдает один тиосульфат-ион в этой реакции?

2. В условии упоминается ион  $I_3^-$ . Как он образуется в рассматриваемой системе? Поясните ответ уравнением реакции. Почему его образование важно для успешного титрования? Какие свойства проявляет данный ион в отношении окислителей и восстановителей? Ответ проиллюстрируйте уравнением (-ями) соответствующей (-их) полуреакции (-й).

3. Стандартный электродный потенциал пары  $Cu^{2+}/Cu^+$  равен +0,153 В, что намного ниже потенциала пары  $I_3^-/3I^-$ . Тем не менее, медь (II) можно определять методом иодометрического титрования. Почему это все-таки возможно?

4. Иодометрическое определение железа (III) и меди (II) проводят в кислой среде. Почему оно не может быть осуществлено при высоких значениях pH? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

Теперь перейдем к практической части работы. В воде растворили смесь безводных сульфатов железа (III) ( $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $M = 400$  г/моль) и меди (II) ( $CuSO_4$ ,  $M = 160$  г/моль) известной массы. Полученный раствор ( $V = 100$  мл) находится в колбе перед Вами. В склянках имеются все необходимые для проведения иодометрического титрования реактивы, в том числе титрант – раствор тиосульфата натрия. Но есть одна проблема: при

приготовлении титранта на склянках забыли указать его концентрацию, а никаких первичных стандартов для ее установления у Вас нет...

Ниже приведены методики иодометрического титрования железа и меди. Проведите анализ выданного Вам раствора и найдите массы (г) сульфатов железа и меди в исходной смеси безводных сульфатов, а кроме того, установите концентрацию (моль/л) тиосульфата натрия.

При заполнении лабораторного журнала выполните следующие задания:

1. Запишите уравнения реакций железа (III) и меди (II) с иодид-ионами.
2. Запишите формулу пиррофосфата натрия. Какова его роль при определении меди в присутствии железа? Отметьте и объясните цветовые эффекты при последовательном добавлении к анализируемому раствору пиррофосфата натрия, соляной кислоты, иодида калия, тиосульфата натрия, крахмала и вновь тиосульфата натрия.
3. Объясните, почему при определении суммы железа и меди добавляют всего 2 мл соляной кислоты, а при определении меди в присутствии железа – 10 мл. Ответ обоснуйте.
4. Ответьте на вопрос, почему индикатор крахмал добавляют не сразу перед началом титрования, а только после оттитровывания до бледно-желтой окраски.

#### **Реактивы.**

Тиосульфат натрия, раствор с неизвестной концентрацией.

Пиррофосфат натрия (декагидрат), 5%-ный раствор.

Иодид калия, KI, 20 %-ный раствор.

Соляная кислота, HCl, 1 М раствор.

Крахмал, свежеприготовленный 1%-ный раствор.

#### **Оборудование.**

Пронумерованная ёмкость, содержащая 100 мл анализируемого раствора – 1 шт.

Пипетка аликвотная на 10 мл – 1 шт.

Груша резиновая или пипетатор – 1 шт.

Коническая колба для титрования на 100 мл – 2 шт.

Воронка маленькая для бюретки – 1 шт.

Стакан под бюретку на 50 – 100 мл – 1 шт.

Бюретка на 25 мл – 1 шт.

Штатив для бюретки – 1 шт.

#### **Проведение анализа\*.**

1. *Определение суммы железа и меди.* Аликвотную часть анализируемого раствора 10,00 мл пипеткой переносят в коническую колбу для титрования вместимостью 100 мл, добавляют 2 мл раствора HCl, 10 мл раствора KI, выдерживают 3 мин и титруют раствором тиосульфата натрия до бледно-желтой окраски. Затем добавляют несколько капель раствора крахмала и продолжают медленно титровать при перемешивании до тех пор, пока суспензия не станет белой. Титрование повторяют до получения как минимум 3-х результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. Результаты усредняют и визируют у члена жюри.

2. *Определение меди в присутствии железа.* Аликвотную часть раствора 10,00 мл пипеткой переносят в коническую колбу для титрования вместимостью 100 мл, добавляют 20 мл раствора пиррофосфата натрия, 10 мл HCl, 10 мл раствора KI и оставляют на 10 мин. Затем титруют раствором тиосульфата натрия до бледно-желтой окраски. Вводят несколько капель раствора крахмала и продолжают медленно титровать до тех пор, пока суспензия не станет белой. Если через несколько минут суспензия окрасится в синий цвет, ее снова титруют до белого цвета (дотитровывают). При этом записывают суммарный объем тиосульфата, пошедший на титрование. Титрование повторяют до получения как минимум 3-х результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. Результаты усредняют, и визируют у члена жюри.

\*Обращайте внимание на происходящие изменения в ходе анализа (изменение цвета, выпадение осадка, выделение газа и т. д.) и записывайте эти изменения.