

### **Одиннадцатый класс**

Аспиранту Умнову необходимо приготовить стандартные растворы железа(II) с точно известной концентрацией, но реактив оказался старым. Известно, что при длительном хранении железо в степени окисления +2 частично переходит в железо в степени окисления +3. Предлагаем Вам помочь аспиранту.

**Реактивы:**  $\text{KMnO}_4$ , (0,01M, точная концентрация указана на склянке),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1M),  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (2M), Zn – металлический,  $\text{NH}_4\text{SCN}$ – кристаллический.

**Оборудование:** бюретка, колба с анализируемым раствором, пипетка Мора на 10,00мл, груша резиновая или пипетатор, конические колбы для титрования, колба с клапаном Бунзена, часовое стекло, воронка для бюретки, глазная пипетка, электроплитка, напальчники или щипцы.

### **Методики определения**

#### **1. Определение концентрации $\text{FeSO}_4$**

С помощью пипетки Мора аликвотную часть анализируемого раствора, 10,00 мл, переносят в колбу для титрования, мерным цилиндром добавляют ~10мл 1M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 10 капель 2M  $\text{H}_3\text{PO}_4^*$ . Смесь титруют раствором  $\text{KMnO}_4$  до появления бледно-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 минуты. Во время титрования раствор титранта прибавляют по каплям, тщательно перемешивая раствор. Титрование повторяют до получения не менее трех сходящихся результатов (отличающихся не более чем на 0,1 мл). Записывают средний объем раствора  $\text{KMnO}_4$   $V_{\text{T1}}$ , израсходованный на титрование. Рассчитывают концентрацию  $\text{FeSO}_4$ .

#### **2. Определение концентрации $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$**

С помощью пипетки Мора аликвотную часть анализируемого раствора, 10,00мл, переносят в колбу с клапаном Бунзена, добавляют мерным цилиндром ~10мл 1M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 1-2 гранулы металлического Zn и нагревают на электроплитке до полного восстановления Fe(III). Полноту восстановления проверяют, поместив 1 каплю раствора на часовое стекло и добавив 1-2 кристалла  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Если

---

\* Ортофосфорную кислоту добавляют для связывания  $\text{Fe}^{3+}$  в бесцветный комплекс

восстановление не завершилось, то раствор окрасится в кроваво-красный цвет. Раствор охлаждают, добавляют мерным цилиндром ~10мл 1М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 10 капель 2М  $\text{H}_3\text{PO}_4^*$ . Смесь титруют раствором  $\text{KMnO}_4$  до появления бледно-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 минуты. Во время титрования титрант прибавляют по каплям, тщательно перемешивая раствор. Записывают объем  $V_{\text{T}_2}$ , израсходованный на титрование. Получают не менее трех сходящихся результатов. Рассчитывают общую концентрацию железа и затем – концентрацию  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

**Задание:**

1. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе анализа по вышеуказанным методикам. Реакцию с перманганатом уравняйте с помощью электронного баланса или электронно-ионных полуреакций.

2. Выведите формулы для расчета концентрации  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  в анализируемом растворе через концентрацию раствора  $\text{KMnO}_4$  и объемы титранта  $V_{\text{T}_1}$  и  $V_{\text{T}_2}$ , пошедшие на титрование по первой и второй методике соответственно.

3. Ответьте на вопрос: почему титрование раствором  $\text{KMnO}_4$  не проводят в среде  $\text{HCl}$ ? Ответ подтвердите уравнением реакции.

4. Приведенная выше схема анализа использует восстановительные свойства железа(II) по отношению к  $\text{KMnO}_4$ . Предложите (качественно, без указания конкретных количеств веществ) альтернативную схему анализа старого реактива соли железа (II), использующую окислительные свойства железа(III), если в Вашем распоряжении есть только следующие реактивы:  $\text{KI}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1М), крахмал (1 %-ный раствор),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (стандартный раствор),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3 %-ный раствор). Запишите соответствующие уравнения реакций.

5. Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, установите концентрацию раствора  $\text{FeSO}_4$  (моль/л) и концентрацию примеси  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  (моль/л).