

Десятый класс

Глаз – это тоже аналитический инструмент...

Часть 1

Химику Колбочкину необходимо провести анализ воды на содержание Fe(III) на уровне <5 мг/л (то есть $<0,00009$ М). Определение столь малых содержаний можно было бы легко провести, имея такой аналитический прибор, как спектрофотометр. Однако в распоряжении Колбочкина такого прибора не оказалось. Но химик не унывает: «Глаз – это тоже аналитический инструмент!» – говорит Колбочкин и смело принимается за эксперимент... вместе с Вами.

Но прежде, чтобы подтвердить свою готовность к выполнению эксперимента, выполните следующие задания:

1. В пробирку внесли 1 мл раствора Fe(III) с массовой концентрацией 10 мг/л и довели объем раствора до 10 мл. Чему равна массовая концентрация Fe(III) в полученном растворе?
2. В пробирку внесли 5 мл раствора Fe(III) с массовой концентрацией 1 мг/л и 2 мл раствора Fe(III) с концентрацией 2 мг/л. Чему равна массовая концентрация Fe(III) в полученном растворе?
3. Запишите в сокращенном ионном виде уравнение реакции образования роданидного комплекса Fe(III). Координационное число Fe(III) в комплексе равно 6. Какова окраска этого комплекса?
4. Константа устойчивости роданидного комплекса Fe(III), $\beta_6 = 10^{24}$. Найдите молярную концентрацию ионов Fe^{3+} в 1%-ном растворе KSCN при общем содержании Fe(III) 0,56 мг/л. Плотность раствора примите равной 1000 г/л.
5. Если к раствору роданидного комплекса Fe(III) добавить растворимый фторид, то окраска раствора исчезнет. Объясните этот эффект. Ответ подтвердите уравнением соответствующей реакции в сокращенном ионном виде.

Часть 2

Реактивы: стандартный раствор Fe(III) (10,0 мг/л), KSCN (или NH₄SCN) (10%-ный раствор), HNO₃ (1 М).

Оборудование: склянка с анализируемым раствором Fe(III), пронумерованные градуированные пробирки с пробками – 6 шт., штатив для пробирок, градуированная пипетка на 5 мл – 3 шт., резиновая груша или пипетатор, глазная пипетка с резиновым наконечником, капельница и промывалка с дистиллированной водой, белый лист бумаги.

Методика определения

В 4 пронумерованные градуированные пробирки внесите пипеткой последовательно 0,0; 1,0; 2,0 и 4,0 мл стандартного раствора Fe(III), а в 5-ую – 5,0 мл анализируемого раствора с неизвестным содержанием Fe(III). Добавьте с помощью чистой пипетки в каждую пробирку по 1 мл раствора KSCN (или NH₄SCN) и с помощью другой чистой пипетки – по 1 мл раствора HNO₃. Доведите все пробирки водой до 10 мл (для более точного доведения до метки используйте капельницу), закройте пробками и тщательно перемешайте, переворачивая пробирки. Возьмите белый экран (лист бумаги) и поместите за пробирки с окрашенными растворами. Расположите пробирки так, чтобы четко видеть разницу в интенсивности окраски растворов. Вы приготовили шкалу эталонов окраски с известной концентрацией Fe(III).

Возьмите 5-ю пробирку (с неизвестным содержанием Fe(III)) и сравните со шкалой эталонов. Определите «положение», которое она должна занять на шкале. Теперь, определив ближайшие к ней эталоны (слева и справа), Вы можете грубо оценить содержание Fe(III) в 5-ой пробирке. Попробуем далее оценить его более точно.

Для этого в чистую 6-ю пробирку отлейте ~ 5 мл того эталонного раствора, интенсивность окраски которого, на Ваш взгляд, наиболее близка к интенсивности окраски анализируемого раствора. По шкале пробирки отметьте и запишите точный объем внесенного раствора. С помощью глазной пипетки добавляйте в 6-ю пробирку небольшими порциями другой ближайший

эталонный раствор из двух, выбранных Вами на предыдущем этапе, каждый раз перемешивая содержимое и сравнивая окраску с окраской раствора в 5-ой пробирке, до тех пор, пока они не сравняются. Для большей четкости выньте сравниваемые пробирки из штатива и держите перед листом бумаги так, чтобы хорошо видеть цвет растворов. По шкале пробирки отметьте и запишите конечный объем смеси в 6-ой пробирке. Рассчитайте объем добавленного раствора. Для уточнения результата эксперимент повторите.

Расчет содержания Fe(III)

Для начала рассчитайте содержание Fe(III) в эталонных растворах по формуле: $c_{эм,i} = \frac{c_{см} \cdot V_{см,i}}{V_{кон}}$, где $c_{см}$ – концентрация стандартного раствора Fe(III), 10,0 мг/л; $V_{см,i}$ – объем стандартного раствора, внесенный в i -ю пробирку, мл; $V_{кон}$ – конечный объем раствора после добавления всех реагентов и разбавления, 10 мл.

Содержание Fe(III) в 5-ой пробирке можно рассчитать по следующей формуле: $c_5 = \frac{c_{эм,n} \cdot V_{эм,n} + c_{эм,n+1} \cdot V_{эм,n+1}}{V_{эм,n} + V_{эм,n+1}}$, где $c_{эм,n}$ и $c_{эм,n+1}$ – содержания Fe(III) в двух эталонных растворах, наиболее близких по окраске к раствору в 5-ой пробирке, мг/л; $V_{эм,n}$ и $V_{эм,n+1}$ – их объемы, внесенные в 6-ю пробирку, мл.

Наконец, рассчитаем содержание Fe(III) в анализируемом растворе: $c_{ан} = \frac{c_5 \cdot V_{кон,5}}{V_{ан,5}}$, где c_5 – концентрация Fe(III) в 5-ой пробирке, мг/л; $V_{кон,5}$ – конечный объем раствора в 5-ой пробирке после добавления всех реагентов и разбавления, 10 мл; $V_{ан,5}$ – объем анализируемого раствора, внесенный в 5-ю пробирку, 5,0 мл.