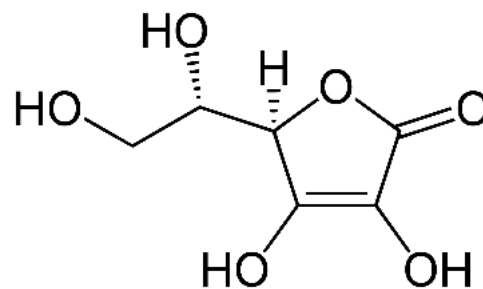


10 КЛАСС

Аскорбиновая кислота (витамин С, $C_6H_8O_6$) является одним из основных веществ в человеческом рационе, которое необходимо для нормального функционирования соединительной и костной ткани. Она является маркером антиоксидантной активности, кофактором многих ферментов и веществом-предшественником биосинтеза некоторых важных метаболитов. Организм человека полностью зависит от аскорбиновой кислоты, поступающей вместе с пищей, так как не может синтезировать ее самостоятельно. Поиск недорогих, экспрессных и чувствительных способов определения аскорбиновой кислоты в фармацевтических препаратах и продуктах питания, а также оценка их общей антиоксидантной активности, являются актуальными задачами аналитической химии.



Для решения перечисленных выше задач может быть использован метод окислительно-восстановительного титрования. Один из вариантов этого метода, называемый иодометрией или иодометрическим титрованием, состоит в следующем. К избытку раствора иодида калия KI, подкисленного серной кислотой, добавляют раствор дихромата калия $K_2Cr_2O_7$ с точно известной концентрацией. Затем в реакционную смесь вносят фиксированный объем (аликвоту) анализируемого раствора, содержащего аскорбиновую кислоту. Избыток непрореагировавшего иода устраняют, по каплям прибавляя в реакционную смесь раствор тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$ с точно известной концентрацией. Момент окончания реакции фиксируют по изменению окраски раствора крахмала, который образует с иодом адсорбционный комплекс синего цвета.

Теоретические задания:

1. Сколько хиральных центров (асимметрических атомов углерода) содержит в своем составе молекула аскорбиновой кислоты? Отметьте (*) все хиральные центры на структурной формуле. Сколько пространственных изомеров аскорбиновой кислоты существует? Определите конфигурации хиральных центров аскорбиновой кислоты по R,S-номенклатуре и по сравнению с глицериновым альдегидом.

2. Известно, что аскорбиновая кислота является сильным антиоксидантом. Какие процессы могут происходить при окислении аскорбиновой кислоты иодом в кислой и в щелочной средах? Ответ подтвердите уравнениями реакций, используя в случае

органических соединений структурные формулы.

3. Аскорбиновая кислота является слабой органической двухосновной кислотой ($pK_{a,1} = 4.17$, $pK_{a,2} = 11.57$). Напишите равновесия, характеризующиеся константами $K_{a,1}$ и $K_{a,2}$, используя структурные формулы соединений. Диссоциацией какой из гидроксильных групп определяется значение $K_{a,1}$ и почему?

4. На что влияет избыток иодид-ионов при иодометрическом определении аскорбиновой кислоты в реакционной смеси создают избыток иодид-ионов?

5. Почему титрование иода раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ следует проводить в слабокислой среде? Какие побочные процессы могут происходить при титровании иода в сильно-кислой и в щелочной средах? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

6. Почему при титровании иода раствором тиосульфата натрия крахмал следует добавлять к реакционной смеси в конце титрования?

Практическое задание:

В выданной Вам мерной колбе объемом 100.0 мл находится водный раствор аскорбиновой кислоты $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$. Этот раствор необходимо разбавить до метки дистиллированной водой, закрыть пробкой и тщательно перемешать, многократно переворачивая колбу. Методом иодометрического титрования определите массу (г) аскорбиновой кислоты в выданном растворе.

Реагенты:

- Дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, навеска в мерной колбе, разбавленная водой.
- Тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, раствор.
- Серная кислота H_2SO_4 , 1 М раствор.
- Иодид калия KI , 5%-ный раствор.
- Крахмал, свежеприготовленный 1%-ный раствор.

Оборудование:

- Мерная колба (100.0 мл) – 1 шт.
- Мерная колба (250.0 мл) – 1 шт.
- Пробка для мерной колбы – 2 шт.
- Пипетка Мора (10.00 мл) – 1 шт.
- Резиновая груша или пипетатор – 1 шт.

- Капельница с дистиллированной водой – 1 шт.
- Капельница с раствором индикатора – 1 шт.
- Коническая колба для титрования (200 мл или 250 мл) – 2 шт.
- Часовое стекло – 2 шт.
- Мерный цилиндр (10 мл) – 2 шт.
- Мерный цилиндр (100 мл) – 1 шт.
- Бюретка прямая с краном (25 мл) – 1 шт.
- Стеклянная воронка для бюретки – 1 шт.
- Штатив с «лапками» для двух бюреток – 1 шт.

Методика определения:

1. Приготовление стандартного раствора дихромата калия. Выданный раствор $K_2Cr_2O_7$ в мерной колбе объемом 250.0 мл разбавляют до метки дистиллированной водой, плотно закрывают пробкой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая мерную колбу (не менее 25 – 30 раз). Масса растворенного $K_2Cr_2O_7$ указана на колбе. Рассчитывают молярную (моль/л) концентрацию приготовленного раствора дихромата калия. Результат расчета молярной концентрации дихромата калия записывают с точностью до десятитысячных.

2. Стандартизация раствора тиосульфата натрия. В бюретку через воронку наливают раствор тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$. В коническую колбу для титрования объемом 200 – 250 мл вносят мерным цилиндром 10 мл 1 М раствора серной кислоты, 10 мл 5%-ного раствора иодида калия и добавляют пипеткой $M_{ра}$ 10.00 мл приготовленного ранее раствора дихромата калия $K_2Cr_2O_7$. Оставляют колбу на 5 – 10 мин в темном месте, прикрыв ее часовым стеклом. Затем в колбу добавляют мерным цилиндром 100 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором $Na_2S_2O_3$ до появления бледно-желтой окраски раствора. Добавляют 3-5 капель 1%-ного раствора крахмала и продолжают титрование при энергичном перемешивании до исчезновения синей окраски раствора. По бюретке измеряют объем раствора $Na_2S_2O_3$, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют

для расчета точной концентрации раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Результат расчета молярной концентрации тиосульфата натрия записывают с точностью до десятитысячных.

3. Приготовление анализируемого раствора аскорбиновой кислоты. Выданный раствор аскорбиновой кислоты в мерной колбе объемом 100.0 мл разбавляют до метки дистиллированной водой, плотно закрывают пробкой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая мерную колбу (не менее 25 – 30 раз).

4. Определение аскорбиновой кислоты в анализируемом растворе. В коническую колбу для титрования объемом 200 – 250 мл вносят мерным цилиндром 10 мл серной кислоты, 10 мл раствора иодида калия и добавляют пипеткой Мора 10.00 мл приготовленного раствора дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Оставляют колбу на 5 – 10 мин в темном месте, прикрыв часовым стеклом. Затем в колбу вносят пипеткой Мора 10.00 мл раствора аскорбиновой кислоты и снова оставляют ее на 5 – 10 мин в темном месте, прикрыв часовым стеклом. Далее добавляют мерным цилиндром 100 мл дистиллированной воды и быстро титруют стандартным раствором тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появления бледно-желтой окраски раствора. Добавляют 3-5 капель 1%-ного раствора крахмала и продолжают титрование при энергичном перемешивании до исчезновения синей окраски раствора. По бюретке измеряют объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета массы аскорбиновой кислоты.