

Задания практического тура

9 КЛАСС

В титриметрическом анализе количество химических веществ чаще всего определяют путем точного измерения объемов растворов двух веществ, вступающих между собой в определенную химическую реакцию. Методы титриметрического анализа можно классифицировать, например, по характеру химической реакции, лежащей в основе определения веществ. Используемые реакции относятся к различным типам — реакциям соединения ионов и реакциям окисления-восстановления. В соответствии с этим различают методы кислотно-основной, комплексометрической, окислительно-восстановительной (редокс) и осадительной титриметрии.

Точкой эквивалентности (или точкой стехиометричности) называют состояние системы, при котором количество добавленного титранта стехиометрически эквивалентно количеству определяемого вещества. Момент завершения титрования, называемый **конечной точкой титрования**, чаще всего экспериментально фиксируют по изменению окраски индикаторов или с помощью инструментальных методов анализа.

- А) Какие требования предъявляют к химическим реакциям, используемым в прямом титриметрическом анализе? Приведите не менее четырех требований.
- Б) 0.1000 М раствор метиламина CH_3NH_2 ($\text{p}K_b = 3.34$) титруют 0.2000 М раствором соляной кислоты. Какой из следующих кислотно-основных индикаторов следует выбрать для данного титрования: метиловый фиолетовый (интервал перехода окраски $\Delta\text{pH} = 0.2 \div 3.2$), метиловый красный (интервал перехода окраски $\Delta\text{pH} = 4.4 \div 6.2$), фенолфталеин (интервал перехода окраски $\Delta\text{pH} = 8.2 \div 9.8$) или тропеолин 0 (интервал перехода окраски $\Delta\text{pH} = 11.1 \div 12.7$)? Обоснуйте свой выбор.
- В) Аргентометрия представляет собой метод титриметрического анализа, основанный на использовании раствора нитрата серебра(I) для определения содержания галогенидов (кроме фторидов), цианидов и тиоцианатов в растворе. Предложите индикатор для аргентометрического титрования (укажите название и химическую формулу) и объясните принцип его действия.
- Г) Объясните, почему декагидрат тетрабората натрия можно использовать для установления точной концентрации (**стандартизации**) растворов как сильных кислот, так и сильных оснований? Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

Экспериментальное задание:

В ходе выполнения данной экспериментальной работы Вам предстоит познакомиться с титриметрическими методами анализа на примере метода иодометрии. Следуя приведенным ниже методикам, установите точную молярную концентрацию раствора тиосульфата натрия и рассчитайте массу ионов железа(III) и меди(II) в выданном Вам анализируемом растворе.

Необходимые реактивы и лабораторное оборудование:

- дихромат калия $K_2Cr_2O_7$, твердое вещество
- иодид калия KI, 5 %-ный и 20 %-ный растворы
- крахмал, свежеприготовленный 1 %-ный раствор
- пиррофосфат натрия $Na_4P_2O_7$, 5 %-ный раствор
- серная кислота H_2SO_4 , 1 М раствор
- соляная кислота HCl, 1 М раствор
- тиосульфат натрия $Na_2S_2O_3$, раствор
- бюретка прямая с оливой (25 мл) – 1 шт.
- воронка стеклянная для заполнения бюретки ($\varnothing$ 36 мм) – 1 шт.
- воронка стеклянная для сыпучих веществ ($\varnothing$ 100 мм) – 1 шт.
- груша резиновая – 1 шт.
- капельница Страшейна (60 мл) с раствором индикатора – 1 шт.
- колба коническая для титрования (100 мл) – 2 шт.
- колба коническая для титрования (250 мл) – 2 шт.
- мерная колба (100.0 мл) с пробкой – 1 шт.
- мерная колба (200.0 мл) с пробкой – 1 шт.
- мерный цилиндр (10 мл) – 5 шт.
- мерный цилиндр (100 мл) – 1 шт.
- пипетка Мора (10.00 мл) – 1 шт.
- промывалка пластиковая (500 мл) с дистиллированной водой – 1 шт.
- стакан стеклянный (50 мл) – 2 шт.
- стаканчик стеклянный с навеской $K_2Cr_2O_7$ – 1 шт.
- стакан фарфоровый для слива – 1 шт.
- часовое стекло ($\varnothing$ 80 мм) – 2 шт.
- штатив для титрования – 1 шт.

Методика эксперимента:

1. *Приготовление стандартного раствора дихромата калия.* Выданную навеску дихромата калия в стеклянном стаканчике растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды и переносят в мерную колбу объемом 200.0 мл, при необходимости используя стеклянную воронку. Несколько раз ополаскивают стеклянный стаканчик дистиллированной водой и переносят таким образом в мерную колбу оставшиеся частицы вещества. Разбавляют раствор в колбе до метки дистиллированной водой, закрывают пробкой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая мерную колбу. Рассчитывают молярную концентрацию приготовленного раствора дихромата калия. Результат расчета молярной концентрации раствора дихромата калия записывают с точностью до четырех значащих цифр.

2. *Стандартизация раствора тиосульфата натрия.* Перед заполнением бюретку необходимо промыть дистиллированной водой, а затем 2–3 раза небольшими порциями раствора $Na_2S_2O_3$, пропуская его через оливу для удаления остатков воды и воздуха. После этого бюретку

заполняют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ выше нулевой отметки с помощью воронки и, слегка ослабляя зажим на olive, заполняют нижнюю часть бюретки и капилляр, устраняя пузырьки воздуха. В коническую колбу для титрования объемом 250 мл вносят мерным цилиндром 10 мл 1 М раствора H_2SO_4 , 10 мл 5 %-ного раствора KI и добавляют пипеткой Мора 10.00 мл приготовленного ранее раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Оставляют колбу на 5 мин в темном месте, прикрыв ее сверху часовым стеклом. Затем в колбу добавляют мерным цилиндром 100 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появления бледно-желтой окраски раствора. Добавляют 1–2 мл 1 %-ного раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски раствора. Объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, затраченный на титрование, измеряют по бюретке с точностью до 0.10 мл. Бюретку заполняют до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся не более чем на 0.10 мл.

3. Приготовление анализируемого раствора. Анализируемый раствор, содержащий растворимые в воде соли железа(III) и меди(II), в мерной колбе объемом 100.0 мл разбавляют до метки дистиллированной водой, закрывают пробкой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая мерную колбу.

4. Определение железа(III) и меди(II). Для количественного определения ионов железа(III) и меди(II) в анализируемом растворе используют приведенные ниже методики (**методика «А»** и **методика «Б»**).

Методика «А». Аликвотную часть анализируемого раствора объемом 10.00 мл пипеткой Мора переносят в коническую колбу для титрования емкостью 100 мл, добавляют мерным цилиндром 2 мл 1 М раствора HCl и 10 мл 20 %-ного раствора KI . Оставляют колбу на 5 мин в темном месте, прикрыв ее сверху часовым стеклом, после чего быстро титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появления бледно-желтой окраски суспензии. Добавляют в реакционную смесь несколько капель 1 %-ного раствора крахмала и продолжают титрование до тех пор, пока суспензия не станет белой. Объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, затраченный на титрование, измеряют по бюретке с точностью до 0.10 мл. Бюретку заполняют до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для дальнейших расчетов.

Методика «Б». Аликвотную часть анализируемого раствора объемом 10.00 мл пипеткой Мора переносят в коническую колбу для титрования емкостью 100 мл, добавляют мерным цилиндром 10 мл 5 %-ного раствора $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 7 мл 1 М раствора HCl и 10 мл 20 %-ного раствора KI . Оставляют колбу на 5 мин в темном месте, прикрыв ее сверху часовым стеклом, после чего быстро титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появления бледно-желтой окраски суспензии. Добавляют в реакционную смесь несколько капель 1 %-ного раствора крахмала и продолжают титрование до тех пор, пока суспензия не станет белой. Объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, затраченный на титрование, измеряют по бюретке с точностью до 0.10 мл. Бюретку заполняют до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для дальнейших расчетов.