

ТЕМА 2. Учение о растворах. Титриметрические методы анализа.

Цель занятия:

Формирование представлений о сущности и классификации методов титриметрического анализа, теоретических основах метода кислотно-основного титрования. Приобретение навыков титриметрического анализа: работы с аналитической посудой; выполнение последовательных операций объемного анализа; приготовление рабочих (титрованных) растворов; выполнение расчетов по результатам титрования.

Задачи занятия:

- 1) Сформировать представление о сущности и классификации методов титриметрического анализа, теоретических основах метода кислотно-основного титрования.
- 2) Сформировать конкретные химические знания и понятия по данной теме.
- 3) Развить практические умения обращаться с аналитической посудой, выполнения последовательных операций объемного анализа и приготовления рабочих (титрованных) растворов; проводить химический эксперимент, соблюдая правила техники безопасности.
- 4) Воспитать ценностное отношение к химическим объектам.

Мотивационная характеристика необходимости изучения темы:

Титриметрический анализ является одним из простых и доступных способов получения химической информации. Он применяется в клинической биохимии для диагностики ряда патологических состояний. В биохимических, физиологических, санитарно-гигиенических и др. лабораториях для определения химического состава и количественного содержания отдельных компонентов органов и тканей, изучения обмена веществ, метаболизма лекарств, определения состава воды, почвы, воздуха и т.д. широко используются методы аналитической химии. Диагностика большинства заболеваний включает изучение клинических анализов, выполняемых с использованием методов количественного и качественного анализа.

В медико-биологических исследованиях широко используются методы кислотно-основного титрования, они позволяют решать многие задачи, возникающие при химическом анализе биологических жидкостей как при постановке диагноза, так и при лечении больных (для определения кислотности желудочного содержимого, щелочного резерва крови и плазмы). В санитарно-гигиенической практике методы кислотно-основного титрования позволяют оценить качество различных пищевых продуктов.

Вопросы для самоподготовки:

ПОВТОРИТЬ: Способы выражения состава растворов.

а) Навеска калия гидроксида массой 1,2046 г растворена в мерной колбе объемом 250 мл. На титрование 20 мл полученного раствора израсходовано 14,82 мл титранта с $c(\text{HCl}) = 0,105$ моль/л. Найдите массовую долю (%) KOH в образце;

б) Для определения общей кислотности желудочного сока 5 мл сока оттитровали раствором щелочи с концентрацией 0,095 моль/л в присутствии фенолфталеина. На реакцию израсходовано 2,8 мл раствора щелочи. Рассчитайте кислотность анализируемого сока в ммоль/л.

в) Рассчитайте содержание соляной кислоты и общую кислотность (в ммоль/л) желудочного сока, если на титрование 10 мл сока с метиловым желтым израсходовано 3,1 мл раствора щелочи с концентрацией 0,098 моль/л, а с фенолфталеином – 6,0 мл щелочи;

г) Проба муравьиной кислоты массой 2,32 г разбавлена водой в мерной колбе вместимостью 100 мл. На титрование 10,0 мл разбавленного раствора затрачено 7,2 мл титранта с концентрацией KOH = 0,150 моль/л. Рассчитайте массовую долю муравьиной кислоты в исходном растворе.

Вопросы для аудиторного контроля знаний:

Классификация титриметрических методов анализа. Расчеты в объемно-аналитических определениях. Принцип эквивалентности. Основные способы титрования в объемном анализе. Общая характеристика методов кислотно-основного титрования: титранты и их стандартизация, фиксирование точки эквивалентности. Выбор индикатора. Значение титриметрического анализа в медико-биологических исследованиях.

Тесты для проверки уровня знаний:

1. Какое значение принимает фактор эквивалентности $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$?

- а) $\frac{1}{3}$ б) $\frac{1}{4}$ в) $\frac{1}{5}$ г) $\frac{1}{6}$

2. В алкалиметрии в качестве титранта используются растворы:

- а) NaOH б) Ba(OH)₂ в) Mg(OH)₂ г) H₂SO₄

3. Содержание какого вещества можно определить кислотно-основным титрованием:

- а) Ba(OH)₂ б) глюкоза в) RbI г) K₂Cr₂O₇

4. С какими индикаторами можно титровать раствор аммиака стандартным раствором HNO₃? (ΔpH – интервал перехода окраски индикатора)

- а) бромфеноловый синий ($\Delta\text{pH} = 3,0 \div 4,6$)
б) нейтральный красный ($\Delta\text{pH} = 6,8 \div 8,0$)
в) метилоранж ($\Delta\text{pH} = 3,1 \div 4,4$)
г) фенолфталеин ($\Delta\text{pH} = 8,2 \div 10,0$)

5. При титровании слабой кислоты сильным основанием:

- а) точка эквивалентности совпадает с точкой нейтральности ($\text{pH} = 7$)

- б) точка эквивалентности смещается в щелочную область
в) точка эквивалентности смещается в кислую область
г) область скачка рН на кривой титрования отсутствует
6. Какую массу Na_2CO_3 (в г) нужно взять для приготовления 2 л 0,01 н раствора?
а) 2,12 б) 106 в) 212 г) 1,06
7. На титрование 15 мл раствора фосфорной кислоты пошло 30 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия. Сколько граммов фосфорной кислоты в 500 мл её раствора?
а) 3,27 б) 4,27 в) 5,27 г) 6,27

Учебно-исследовательская работа (УИРС):

"Приготовление раствора тетрабората натрия и проверка его концентрации по HCl "

Цель. Приобрести навыки приготовления растворов химических веществ точной концентрации.

Выполнение эксперимента.

1. Перед началом работы ознакомьтесь с устройством теххимических и аналитических весов и инструкциями по их эксплуатации.
2. Рассчитайте массу навески натрия тетрабората, необходимую для приготовления раствора объемом 50 мл и молярной концентрацией эквивалента 0,05 моль/л.
3. Рассчитанную навеску натрия тетрабората взвесьте на технических весах, а затем - на аналитических.
4. Осторожно пересыпьте навеску через сухую воронку в мерную колбу на 50 мл. Пользуясь промывалкой с **подогретой** дистиллированной водой, смойте вещество со стенок воронки в колбу и выньте воронку. Колбу наполните теплой дистиллированной водой приблизительно на 2/3 объема, растворите все вещество, охладите раствор до комнатной температуры и долейте дистиллированной водой до метки. Закройте мерную колбу пробкой и перемешайте раствор.
5. Для проверки концентрации приготовленного раствора натрия тетрабората бюретку заполните рабочим раствором HCl .
6. В 3 **конические колбы для титрования** отберите пипеткой по 5 мл раствора $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ и 1 каплю раствора индикатора *метилового оранжевого*. Раствор становится **желтым**.
7. Пробу в колбе титруйте раствором HCl до перехода окраски в *бледно-розовую*.
8. Проведите титрование еще два раза до получения результатов, сходящихся в пределах 0,04 мл.

Обработка результатов эксперимента.

Из совокупности отдельных результатов титрования найдите **среднее**. По полученному объему кислоты рассчитайте концентрацию раствора натрия тетрабората. Определите также ошибку анализа.

Сформулируйте вывод, характеризующий сущность кислотно-основного титрования.

Задания для самостоятельной работы:

1. Какой закон лежит в основе титриметрического анализа? Приведите его математическую запись.
2. Какие требования предъявляются к реакциям, используемым в титриметрическом анализе?
3. Какие титранты применяют в ацидиметрии и алкалиметрии?
4. Что из себя представляют индикаторы, применяемые в методе кислотно-основного титрования? Приведите примеры кислотно-основных индикаторов.
5. Что называется интервалом перехода индикатора? От чего он зависит?
6. Какие индикаторы следует выбрать при определении следующих веществ ацидиметрическим титрованием: KOH , NH_3 , NaHCO_3 ?
7. Какие индикаторы следует выбрать при определении следующих веществ алкалиметрическим титрованием: HNO_3 , CH_3COOH , HCl и CH_3COOH в смеси?
8. Каковы молярность и титр раствора HCl , если на титрование 25 мл его в присутствии фенолфталеина израсходовано 19,75 мл 0,1М раствора NaOH ?
9. Рассчитайте молярную массу эквивалента для следующих веществ: NaOH , H_3PO_4 , CaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
10. Содержание каких веществ в пробе можно определить методом кислотно-основного титрования: NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, H_3PO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, фруктоза.
11. На титрование 10 мл раствора HCl с титром, равным 0,001792 г/мл, израсходовано 12 мл раствора NaOH . Вычислить молярную концентрацию эквивалента и титр раствора NaOH .
12. При санитарном контроле за качеством продуктов необходим раствор щелочи. Рассчитайте: а) навеску гидроксида калия для приготовления 2л 0,05М раствора; б) объем 0,05М раствора гидроксида калия для приготовления 200мл 0,002М раствора.
13. В какой среде и почему наблюдается точка эквивалентности при титровании:
а) слабых кислот сильными основаниями;
б) слабых оснований сильными кислотами?
14. В каком случае скачок титрования больше - при титровании 0,1 М или 0,01М раствором HCl ?
15. На титрование 60 мл раствора гидроксида калия пошло 30 мл 0,1 М раствора H_2SO_4 . Сколько граммов гидроксида калия в 200 мл такого раствора?

16. Рассчитайте молярную концентрацию раствора ($\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$), содержащего 24,5 массовых долей (%) серной кислоты.
17. Рассчитайте массовую долю (%) соляной кислоты в желудочном соке ($\rho=1,01 \text{ г/см}^3$), если на титрование 5 мл сока израсходовано 3,1 мл 0,098М раствора гидроксида натрия.
18. При клинических исследованиях в определенных случаях определяют кислотность желудочного сока - содержание соляной кислоты и общую кислотность. Кривая титрования имеет 2 скачка титрования, при рН - 3-5 и рН - 8-10. Предложите: а) схему выполнения анализа; б) какие индикаторы будете использовать.

Список литературы:

Основная:

1. Общая химия: учебное пособие / С.В.Ткачѳв, В.В.Хрусталѳв. – Минск: Вышѳйшая школа, 2020. – гл.6 (6.1, 6.2), гл.13, 14.
2. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учеб. для студентов мед., биол., агроп., ветеринар., экол. вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд; под ред. Ю. А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт, 2014. - гл.2 (2.2);
3. Общая и бионеорганическая химия : пособие / В.П. Хейдоров, Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.В. Бабков, А.В. Сыроешкип, О.В. Левицкая, Г.Ю. Чалый / Под ред. В.П. Хейдорова. – Витебск, ВГМУ, 2023. – гл.4 (4.2)

Дополнительная:

1. Болтromeюк, В.В. Общая химия: пособие для студентов обучающихся по специальностям 1-79 01 01 «Лечебное дело», 1-79 01 02 «Педиатрия», 1-79 01 04 «Медико-диагностическое дело», 1-79 01 05 «Медико-психологическое дело», 1-79 01 06 «Сестринское дело» / В.В. Болтromeюк. – Гродно: ГрГМУ, 2020. – 576 с.