



Урок 26. Титрование как измерение

Листы ученика. Ответы и примечания учителю — в отдельной части.

Естественно-научный эксперимент · 8 класс

Урок 26 из 64 · 45 минут · Модуль «Количественный химический анализ»

Уровень: Базовый исследовательский для 8 класса: работаем по инструкции, сравниваем данные и обосновываем вывод. Уверенно считаем дроби и проценты; специальных лабораторных навыков не требуется.

Вся программа курса

Одна лишняя порция щёлочи резко изменила pH. Почему объём у скачка важнее самого яркого цвета индикатора?

Проверяемый результат:

Прочитать учебную кривую титрования, отличить точку эквивалентности от конца наблюдения и рассчитать концентрацию по разности отсчётов.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

В журнале написано: начальный отсчёт 1,20 мл, конечный 11,20 мл. Ученик принял за объём щёлочи 11,20 мл и продолжил добавлять её «до более заметного цвета». За 2 минуты найдите две ошибки, за 2 предскажите направление ошибки концентрации, за 1 назовите, какую величину нужно измерять.

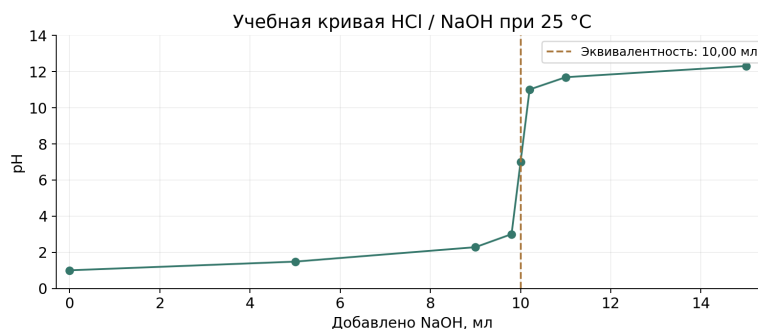
02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Титрант - раствор с известной концентрацией. Его дозируют к измеренной порции анализируемого раствора. Точка эквивалентности соответствует соотношению количеств по уравнению реакции. Конец титрования - фактически зафиксированный сигнал индикатора или прибора. Он должен быть близок к эквивалентности, но не тождествен ей автоматически.

Модель: $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$; сокращённо $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$. Коэффициенты 1:1, поэтому $c(\text{кислоты}) \cdot V(\text{кислоты}) = c(\text{щёлочи}) \cdot V(\text{щёлочи})$. Объём из бюретки - конечный минус начальный отсчёт. Для других реакций сначала проверяют коэффициенты.

Разбор: $11,20 - 1,20 = 10,00$ мл. При $c(\text{NaOH}) = 0,100$ моль/л и $V(\text{HCl}) = 10,00$ мл получаем $c(\text{HCl}) = 0,100 \cdot 10,00 / 10,00 = 0,100$ моль/л. Кривая показывает добавление этой щёлочи к кислоте при 25 °C: около 10 мл pH меняется резко. Нейтральность в эквивалентности характерна для данной сильной кислоты и сильного основания, не для всех титрований.



Учебная кривая: 10,00 мл HCl 0,100 моль/л титруют NaOH 0,100 моль/л при 25 °C. Точки V, мл / pH: 0/1,00; 5/1,48; 9/2,28; 9,8/3,00; 10/7,00; 10,2/11,00; 11/11,68; 15/12,30. Соединение точек помогает чтению, не заменяет измерение между ними.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

V щёлочи, мл	pH
0	1,00
5	1,48
9	2,28
9,8	3,00
10	7,00
10,2	11,00
11	11,68
15	12,30

За 3 минуты отметьте точки и интервал самого резкого изменения; за 3 объясните, почему нельзя брать середину всей оси объёмов; за 3 рассчитайте с кислоты, если остановились на 10,20 мл вместо 10,00; за 2 оцените относительное завышение. Продукт - отмеченный участок, расчёт и причина ошибки. Критерии: читаются оси, используется известная реакция, конец наблюдения не объявлен идеальной эквивалентностью.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Повтор	Начало, мл	Конец, мл
1	0,40	12,80
2	1,10	13,50
3	0,20	12,70

Новая порция кислоты каждый раз 20,00 мл; титрант 0,100 моль/л; реакция та же 1:1. За 3 минуты найдите расходы, за 3 средний расход и с кислоты, за 2 объясните, почему близкие результаты не исключают общей ошибки калибровки. Округлите с до 0,0001 моль/л.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Тезис: «Если три повтора близки, измерение обязательно верное». Альтернатива: общая ошибка сохраняется. За 2 минуты выберите два источника смещения, за 3 предложите проверку стандартным образцом и за 2 сформулируйте различие повторяемости и правильности.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Титрант 0,0800 моль/л, отсчёты 2,30 и 17,30 мл, порция кислоты 20,00 мл, реакция 1:1. Найдите расход, количество титранта и с кислоты. Чем конец наблюдения отличается от эквивалентности?



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Распечатанные кривая и таблица, карандаш, калькулятор, бумажная шкала бюретки.
Предпосылки: $c=n/V$, мл и л. Кислоты, щёлочи и индикаторы детям не выдаются: все данные готовые. Не пипетировать ртом и не проводить домашнее титрование. Школьная демонстрация возможна только отдельно по утверждённым правилам кабинета под руководством учителя; для этого урока она не требуется. Работа без регистрации.

Минуты	Работа	Проверяемый продукт
0-5	Проблемная ситуация	Вопрос и проверяемое предположение
5-14	Понятия и разобранный пример	Пояснение величин и метода
14-25	Практика 1	Расчёт, схема или протокол по данным
25-33	Практика 2	Решение на новых условиях
33-40	Обсуждение	Аргумент, альтернатива и вывод
40-45	Индивидуальная проверка	Самостоятельный ответ и исправление

Все тексты, рисунки и данные включены. Без регистрации: распечатайте ученическую часть PDF или используйте доску. Ответы открывайте после самостоятельной попытки. Минуты включают чтение, записи и переходы. В конце соберите индивидуальную работу. 0-1 балл: разобрать пример повторно; 2-3: уточнить пропущенное звено; 4: объяснить ограничение модели. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

Резкий переход виден между 9,8 и 10,2 мл; модельная эквивалентность 10,00 мл. Середина диапазона 0-15 дала бы 7,5 мл и не связана с реакцией. При переливе: $c=0,100 \cdot 10,20/10,00=0,102$ моль/л, завышение $(0,102-0,100)/0,100 \cdot 100\%=2\%$. Более яркий сигнал после конца не повышает точность.

Ответ и объяснение практики 2

Расходы 12,40; 12,40; 12,50 мл, среднее 12,433... мл. $c=0,100 \cdot 12,433.../20,00=0,062166... \approx 0,0622$ моль/л. Повторяемость хорошая относительно этих данных, но все результаты могут смещаться из-за неверной концентрации титранта или одинакового перелива. Не усредняют сами конечные отсчёты.

Опора для обсуждения

Одинаково неверная с титранта и одинаковый критерий чрезмерной окраски могут сдвинуть всю серию. Проверка образцом с известной концентрацией и стандартизация титранта дают внешнюю опору. Близость повторов описывает разброс, но не доказывает отсутствия систематического смещения.

Ключ и критерии индивидуальной работы

15,00 мл; $n=0,0800 \cdot 0,01500=0,00120$ моль; $c=0,00120/0,02000=0,0600$ моль/л. Конец - наблюдаемый сигнал, эквивалентность - стехиометрическое соотношение. По 1 баллу за каждый элемент, всего 4.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Титриметрия, техника и аппаратное оформление	Читает отсчёты бюретки и кривую	Выбирает расход, а не конечный отсчёт
Кисотно-основное титрование и индикаторы	Связывает реакцию 1:1 с объёмом	Различает эквивалентность и наблюдаемый конец

Опора - раздел «Количественный химический анализ» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Подробный сценарий, распределение времени и учебные числовые серии - методическая разработка. Предоставленные данные не выдаются за опыт, проведённый авторами или этим классом.

Исходная программа

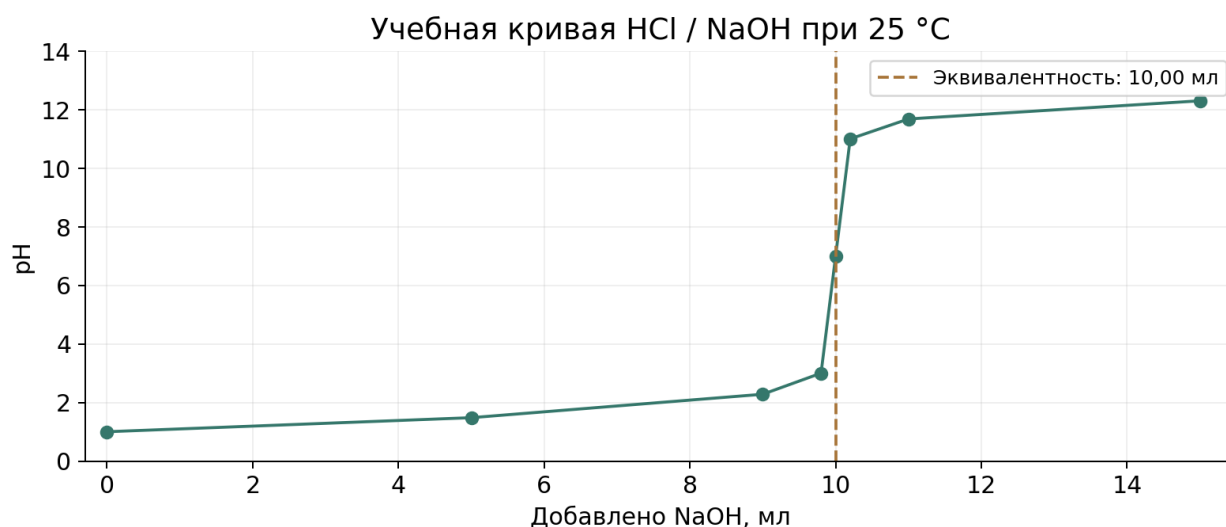
Источники и права на изображения

OpenStax Chemistry 2e, 14.7: кислотно-основное титрование

OpenStax Chemistry 2e, 4.5: количественный анализ

Источники проверены 15.10.2026. Числовые наборы - учебные данные, не результаты проведённых авторами опытов. Схемы и графики подготовлены порталом «Школы России». Для микрофотографии отдельно указаны автор и лицензия. Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати



Учебная кривая: 10,00 мл HCl 0,100 моль/л титруют NaOH 0,100 моль/л при 25 °C. Точки V, мл / pH: 0/1,00; 5/1,48; 9/2,28; 9,8/3,00; 10/7,00; 10,2/11,00; 11/11,68; 15/12,30. Соединение точек помогает чтению, не заменяет измерение между ними.