



Урок 29. Титрование и точка эквивалентности

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 29 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по химии: количественный анализ»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с опорами; 9 класс - самостоятельная оценка условий и границ вывода.

Вся программа курса

Прибор показал изменение цвета после 20 мл раствора. Как превратить объём в концентрацию и не перепутать сигнал индикатора с химическим равенством?

Проверяемый результат:

По готовым отсчётам вычислить расход титранта и концентрацию, различить точку эквивалентности и наблюдаемый конец титрования.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

В бюретке было показание 1,20 мл, после опыта - 21,20 мл. Ученик подставил 21,20 мл как расход и получил концентрацию выше ожидаемой.

1 минута - найдите, что именно измеряет шкала; 2 - вычислите разность; 2 - объясните, почему отсчёт и израсходованный объём - не одно число. Бюретка здесь изображена как учебная шкала, собирать установку не нужно.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

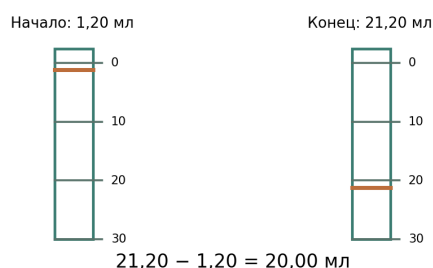
Титрование - определение количества вещества по измеренному объёму раствора известной концентрации, который вступает с ним в реакцию. Титрант - добавляемый раствор. Для $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ отношение количеств HCl и NaOH равно 1:1. Это не универсальное отношение для любых кислот и оснований.

Количество вещества $n=cV$. Если c дано в моль/л, объём переводят в литры: 20,00 мл=0,02000 л. При эквивалентности в нашем случае $c(\text{кислоты})V(\text{кислоты})=c(\text{основания})V(\text{основания})$. Точка эквивалентности определяется стехиометрией; наблюдаемый конец титрования - сигнал индикатора или прибора. Между ними возможна методическая ошибка.

Разобранный пример: 25,00 мл одноосновной кислоты потребовало 20,00 мл основания $c=0,1000$ моль/л. $n=0,1000 \times 0,02000=0,002000$ моль. $c(\text{кислоты})=0,002000/0,02500=0,08000$ моль/л. Эквивалентность не означает, что объёмы равны: равны связанные уравнением количества вещества.

4 минуты - понятия и уравнение; 3 - пример с единицами; 2 - ученик объясняет, почему не всякий цветовой переход автоматически совпадает с эквивалентностью. Не утверждайте, что pH в любой точке эквивалентности равен 7.

Расход — разность двух отсчётов



Учебная шкала: числа отсчёта увеличиваются вниз. Линии условно обозначают считываемый уровень; схема не является инструкцией сборки бюретки.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебные протоколы: кислоты по 25,00 мл, основание 0,1000 моль/л. Реакция 1:1, методика позволяет считать наблюдаемый конец достаточно близким к эквивалентности для этой задачи. Все значения условные.

Опыт	Начальный отсчёт, мл	Конечный отсчёт, мл
1	0,50	20,45
2	1,00	21,00
3	0,20	20,25

2 минуты - разности отсчётов; 3 - средний расход; 3 - концентрация кислоты с единицами; 3 - взаимопроверка. Запишите три расхода, среднее и цепочку сV. 8 класс использует формулу примера; 9 класс объясняет, почему нельзя усреднять конечные отсчёты вместо расходов. Критерии: правильные разности, среднее, единицы и соотношение 1:1.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Ученик во всех повторях замечает окраску поздно: к стехиометрическим 20,00 мл добавляет ещё 0,20 мл. Других ошибок в модели нет.

Величина	Значение
Стехиометрический расход	20,00 мл
Записанный расход	20,20 мл
Основание	0,1000 моль/л
Кислота	25,00 мл

1 минута - чтение; 3 - вычислите ошибочную концентрацию; 2 - найдите относительное завышение к 0,08000; 2 - решите, устранил ли усреднение одинаковый перерасход. Форма: значение, отклонение в %, причина, улучшение.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - защитите тезис «Три близких результата доказывают правильность». 3 - опровергните его практикой 2 и предложите проверку, которая действительно обнаружит смещение. 2 - сформулируйте различие повторяемости и правильности.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

20,00 мл HCl потребовало 15,00 мл NaOH концентрации 0,1000 моль/л. Реакция 1:1, поправка конца титрования в модели не нужна. За 3 минуты вычислите $c(\text{HCl})$, покажите n, укажите единицы и различите два понятия точки. 1 минута - ключ, 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Калькулятор, таблицы и схема бюретки; только расчёт по протоколам, без кислот и щелочей. Предпосылки: молярная концентрация объясняется ниже, умение переводить мл в л и делить числа. 8 класс получает готовую формулу для реакции 1:1; 9 класс выводит её из количества вещества и оценивает систематический перерасход. Понадобятся обозначения c - моль/л, V - л, n - моль.

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 материалы для текущего занятия включены. Вариант без регистрации: ученические листы PDF и доска. Минуты включают чтение, запись и переходы. Ответы показывайте после самостоятельной попытки. В конце соберите индивидуальную работу: 0-1 балл - вернуться к примеру, 2-3 - уточнить пропущенное звено, 4 - объяснить границу вывода. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

Расходы 19,95; 20,00; 20,05 мл, среднее 20,00 мл. $c = 0,1000 \times 20,00 / 25,00 = 0,08000$ моль/л: в отношении объёмов одинаковые единицы сокращаются. При использовании n каждый объём переводят в л. Конечные отсчёты относятся к разным начальным положениям, поэтому их среднее не является расходом.

Ответ и объяснение практики 2

Записанная $c = 0,1000 \times 20,20 / 25,00 = 0,08080$ моль/л. Завышение $(0,08080 - 0,08000) / 0,08000 \times 100\% = 1,0\%$. Повторение той же ошибки не убирает смещение; нужны корректный критерий конца титрования и проверка на стандартном образце. Просто сделать больше одинаково смещённых опытов недостаточно.

Опора для обсуждения

Близкие повторы показывают малый разброс, но все могут быть смещены одинаково. Образец с известным количеством позволяет проверить всю методику. Контрольный результат не заменяет внимательного отсчёта и подходящего индикатора.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$n(\text{NaOH}) = 0,1000 \times 0,01500 = 0,001500$ моль; $n(\text{HCl})$ такое же. $c = 0,001500 / 0,02000 = 0,07500$ моль/л. Эквивалентность - стехиометрическое состояние, конец титрования - наблюдаемый сигнал. По 1 баллу за n , c , согласованные единицы и различие понятий.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Титриметрия: общая характеристика	Связывает объём с количеством	Расчёт по $n=cV$
Кислотно-основное титрование; индикаторы	Различает эквивалентность и сигнал	Оценивает ошибку конца титрования
Техника измерений	Вычитает отсчёты бюретки	Среднее расходов, не конечных отсчётов

Опора - раздел «Эксперименты по химии» опубликованной программы на 64 часа. Урок конкретизирует исходные темы и занимает 45 минут. Сценарий, распределение времени и числовые имитации - методическая разработка. Предметные операции с нагревом и аналитическими реактивами заменены безопасным анализом схем и готовых данных; это не отчёт о проведённом опыте.

Исходная программа

Источники и права на изображения

IUPAC: титрование и стехиометрия

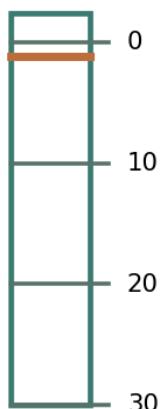
IUPAC: точка эквивалентности

Источники проверены 15.10.2026. Все числовые серии явно заданы как учебные модели; их нельзя описывать как результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы: портал «Школы России», для этого урока. Они не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF вынесены в отдельную часть.

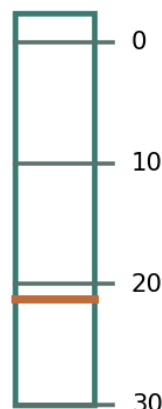
Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Расход — разность двух отсчётов

Начало: 1,20 мл



Конец: 21,20 мл



$$21,20 - 1,20 = 20,00 \text{ мл}$$

Учебная шкала: числа отсчёта увеличиваются вниз. Линии условно обозначают считываемый уровень; схема не является инструкцией сборки бюретки.