



Урок 31. Стандартизация кислоты

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 31 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по химии: карбонат натрия и стехиометрия»

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

Вся программа курса

В предыдущем расчёте отношение было 1:1. Для карбоната натрия при полной нейтрализации кислоты нужно вдвое больше. Как не потерять коэффициент?

Проверяемый результат:

Установить $c(\text{HCl})$ по готовой серии титрования Na_2CO_3 , выбрать согласованные повторы и отличить первый этап нейтрализации от полного.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Из одной навески получилось 0,001000 моль Na_2CO_3 . Ученик записал $n(\text{HCl})=0,001000$ моль. Его партнёр напомнил, что карбонат принимает два протона до CO_2 и воды.

1 минута - прочитайте уравнение в следующем разделе; 2 - сосчитайте H и Cl с обеих сторон; 2 - исправьте отношение количеств и спрогнозируйте, во сколько раз ошибётся исходный ответ.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

Полная нейтрализация: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. По атомам Na:2, C:1, O:3, H:2, Cl:2 с каждой стороны. Ионная запись $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ имеет нулевой общий заряд слева и справа. Следовательно, на 1 моль Na_2CO_3 нужно 2 моль HCl .

Первая стадия $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$ использует только один протон. Достижение этой стадии нельзя подставлять как полное превращение в CO_2 . Индикатор и подготовка определяются валидированной методикой; здесь даны готовые объёмы для полной нейтрализации, операции с растворами не выполняются.

Разобранный пример: из 0,1060 г безводного Na_2CO_3 сделали отдельную эталонную порцию, которая целиком содержит $n=0,1060/106,0=0,001000$ моль. На полную нейтрализацию ушло 20,00 мл HCl . $n(\text{HCl})=0,002000$ моль; $c=0,002000/0,02000=0,1000$ моль/л. Навеска здесь относится ко всей титруемой порции: дополнительное разведение с отбором доли не задано.

4 минуты - две стадии и баланс; 3 - пример; 2 - ученик показывает место коэффициента 2 в своей записи.

Два разных конца нейтрализации карбоната

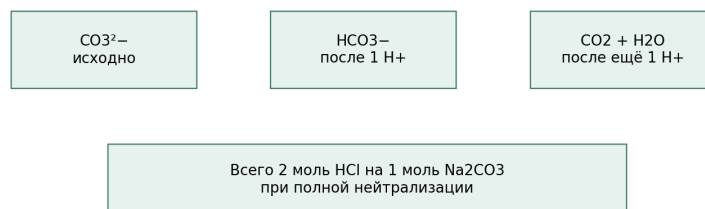


Схема стехиометрии: коэффициент 2 относится к полному превращению. Показаны ионы и продукты, не молекулярная геометрия.

03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Каждый согласованный опыт содержит отдельную порцию из 0,1060 г Na_2CO_3 . В протоколе перед серией задано правило: ознакомительный опыт не усреднять; остальные допустимы при размахе не более 0,10 мл. Это учебный критерий данной серии, не универсальная норма.



Опыт	Расход HCl, мл	Пометка
0	21,00	Ознакомительный; переход пропущен
1	20,00	Рабочий
2	20,04	Рабочий
3	19,96	Рабочий

2 минуты - отметьте допустимые опыты; 3 - рассчитайте размах и средний расход; 3 - установите $s(\text{HCl})$; 3 - оформите решение с навеской, M и коэффициентом. 8 класс использует пример; 9 класс объясняет, почему исключение опыта 0 обосновано записью протокола, а не желанием красивого среднего. Критерии: правило отбора, расчёт, единицы.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Новую порцию 0,1060 г карбоната титровали до первой стадии, а затем продолжили до полной. Значения - идеальная учебная модель без погрешности.

Состояние	Суммарный объём HCl
Карбонат стал гидрокарбонатом	10,00 мл
Полная нейтрализация до CO_2 и воды	20,00 мл

1 минута - чтение; 3 - вычислите s по каждой стадии с правильным отношением; 2 - покажите ошибку при коэффициенте 2 и объёме 10,00 мл; 2 - объясните необходимость знать конец реакции.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - обоснуйте, почему одного числа «ушло 10 мл» недостаточно. 3 - предложите минимальный полный протокол, позволяющий другому человеку восстановить с. 2 - сравните протокол с первой репликой урока.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

0,2120 г безводного Na_2CO_3 полностью нейтрализовано 40,00 мл HCl; $M=106,0$ г/моль, чистота в модели 100%. За 3 минуты найдите n карбоната, n кислоты, s и назовите условие, при котором коэффициент 2 применим. 1 минута - ключ, 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Калькулятор и готовый протокол; кислоту не готовят, индикаторы не используют. Предпосылки: $n=cV$, молярная масса, уроки 29-30. Дан безводный Na_2CO_3 требуемой для модели чистоты, $M=106,0$ г/моль. 8 класс пользуется полным уравнением и опорой $n(\text{HCl})=2n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$; 9 класс объясняет, как выбор не того конца титрования изменит ответ. Нагрев и работа с кислотой заменены анализом данных.

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

Рабочие 1-3: размах $20,04-19,96=0,08$ мл, условие $\leq 0,10$ выполнено; среднее 20,00 мл. $n(\text{Na}_2\text{CO}_3)=0,001000$ моль, $n(\text{HCl})=0,002000$ моль, $c=0,1000$ моль/л. Опыт 0 исключён заранее заданным признаком ознакомительного опыта и записью ошибки; нельзя молча убирать неудобную точку без причины.

Ответ и объяснение практики 2

Первая стадия: $n(\text{HCl})=0,001000$ моль, $V=0,01000$ л, $c=0,1000$ моль/л. Полная: $n=0,002000$ моль, $V=0,02000$ л, та же $c=0,1000$. Неверная комбинация $2n$ и 10,00 мл даст 0,2000 моль/л - удвоение. Коэффициент и объём должны относиться к одному химическому состоянию.

Опора для обсуждения

Нужны вещество и его состояние, масса или количество, чистота по условиям модели, стадия реакции, расход и уравнение. Данные о способе фиксации конца и отборах порций важны. Без них объём можно связать с неверным количеством.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)=0,002000$ моль; $n(\text{HCl})=0,004000$ моль; $c=0,004000/0,04000=0,1000$ моль/л. Коэффициент 2 относится к полной нейтрализации до CO_2 и воды, не только к гидрокарбонату. По 1 баллу за каждый элемент.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Стандартизация HCl по карбонату натрия	Обрабатывает навеску и расход	Правильная с коэффициентом 2
Кисотно-основное титрование	Различает стадии нейтрализации	Объём и стехиометрия согласованы
Достоверность результатов	Применяет заранее указанное правило серии	Не исключает точки без основания

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: первичный и вторичный стандартный раствор

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

Два разных конца нейтрализации карбоната

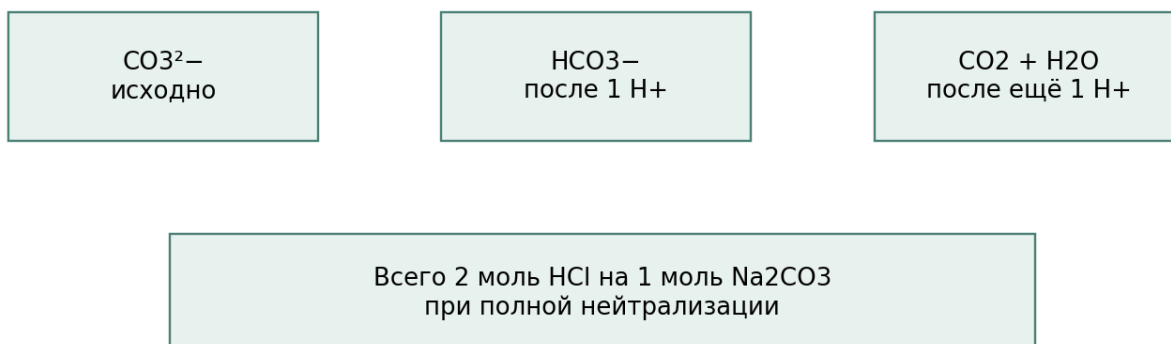


Схема стехиометрии: коэффициент 2 относится к полному превращению. Показаны ионы и продукты, не молекулярная геометрия.