



## Урок 58. Стандартизация

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

Естественно-научный эксперимент · 9 класс

Урок 58 из 64 · 45 минут · Модуль «Количественный химический анализ»

Уровень: Исследовательский для 9 класса: строим модель, проверяем расчёт и объясняем границы вывода. Нужны проценты, среднее и чтение таблиц; новые понятия разобраны на примере.

Вся программа курса

На этикетке кислоты написано приблизительно 0,1 моль/л. Как получить обоснованную рабочую концентрацию по раствору известного состава?

Проверяемый результат:

По трём титрованиям карбоната натрия вычислить концентрацию HCl, проверить коэффициент реакции и оценить согласованность повторов.

### 01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Учебная этикетка HCl: «около 0,10 моль/л». Для количественного отчёта требуется концентрация, проверенная по стандарту. За 2 минуты объясните, почему приблизительной надписи недостаточно, за 3 выберите измеряемые величины: концентрация и объём стандарта, расход кислоты, коэффициенты реакции.

### 02. Объяснение и разобранный пример

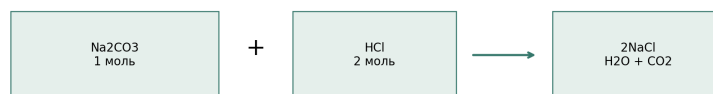
5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Стандартизация определяет концентрацию раствора сравнением с известным количеством реагирующего вещества. Вторичный стандартный раствор получает рабочую концентрацию таким способом. Первичный стандарт требует известного состава и пригодности материала; одного названия вещества недостаточно. Здесь свойства исходного  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  заданы условием.

Полная реакция:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . На 1 моль карбоната нужны 2 моль HCl. Поэтому  $c(\text{HCl}) = 2 \times c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \times V(\text{Na}_2\text{CO}_3)/V(\text{HCl})$ . При отношении объёмов можно использовать одинаковые единицы мл; при отдельном расчёте n объём переводят в литры.

Пример: 10,00 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с  $c = 0,05000$  моль/л расходуют 10,00 мл HCl. n карбоната = 0,0005000 моль, n HCl = 0,001000 моль;  $c \text{ HCl} = 0,1000$  моль/л. Ошибочный коэффициент 1 дал бы вдвое меньшую концентрацию. Объём из бюретки равен конечному отсчёту минус начальный.

Полная нейтрализация карбоната натрия



$$n(\text{HCl}) = 2 \times n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

В расчёте используем расход: конечный отсчёт – начальный

Стехиометрия полной нейтрализации: одна формульная единица  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  соответствует двум HCl. Вода и  $\text{CO}_2$  - продукты; схема не является инструкцией по сборке установки.



### 03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

| Повтор | Начало бюретки, мл | Конец, мл |
|--------|--------------------|-----------|
| 1      | 0,20               | 20,20     |
| 2      | 1,10               | 21,20     |
| 3      | 0,50               | 20,40     |

В каждом повторе новая порция  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $c = 0,05000$  моль/л. За 3 минуты найдите расходы, за 3 вычислите  $c$   $\text{HCl}$  каждого повтора, за 3 среднее  $c$  и размах расходов, за 2 напишите итог. Критерии: вычитание отсчётов, коэффициент 2, все повторы и разумное округление.

### 04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Другой стандарт имеет фактическую  $c = 0,04900$  моль/л, но в журнал ошибочно внесли 0,05000. Порция 20,00 мл,  $\text{HCl}$  израсходовано 19,60 мл. За 3 минуты найдите правильную и ошибочную  $c$   $\text{HCl}$ , за 3 сравните их в процентах относительно правильной, за 2 объясните, помогут ли сто повторов исправить неверную запись.

### 05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Исследователь хочет оставить только расход 20,00 мл, потому что это красивое число. За 2 минуты оцените предложение, за 3 сформулируйте правило повторов до начала анализа, за 2 поясните разницу между согласованностью результатов и верностью стандарта.

### 06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Новая порция  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : 10,00 мл,  $c = 0,04000$  моль/л. Расход  $\text{HCl}$  8,00 мл. Найдите  $n$  карбоната,  $n$   $\text{HCl}$ ,  $c$   $\text{HCl}$  и назовите источник общей ошибки всех повторов. 5 минут; 4 элемента по 1 баллу.



# Ответы, критерии и примечания учителю

## Учителю: подготовка и план на 45 минут

Готовые отсчёты бюретки и сведения об эталонном растворе, калькулятор. Предпосылки: количество вещества и молярная концентрация. Реакция и все данные даны. Только бумажный анализ, без кислот, нагрева и выделения газа в классе. Учебный протокол предполагает полную нейтрализацию карбоната и заранее установленную конечную точку. Раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  считать приготовленным из чистого безводного стандарта.

| 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

Расходы 20,00; 20,10; 19,90 мл. с: 0,100000; 0,0995025; 0,1005025 моль/л. Среднее  $\approx 0,1000017$ , сообщаем 0,1000 моль/л. Размах расходов 0,20 мл. Среднее отдельных концентраций немного отличается от расчёта по среднему объёму 20,00 мл; после указанного округления итог совпадает. Размах не является полной неопределённостью анализа.

## Ответ и объяснение практики 2

Правильно:  $2 \times 0,04900 \times 20,00/19,60 = 0,1000$  моль/л. По ошибочной записи: 0,1020408 моль/л, завышение примерно 2,04%. Повторы могут уменьшить случайный разброс, но не исправят неверную концентрацию стандарта. Нужна проверка исходной записи и приготовления.

## Опора для обсуждения

Отбор красивого результата необоснован. Протокол заранее задаёт число повторов, контроль конца титрования и обращение с явной технической ошибкой. Согласованные расходы не доказывают правильную концентрацию исходного стандарта: все повторы могут иметь общий сдвиг. Сохраняются начальные и конечные отсчёты, а не только среднее.

## Ключ и критерии индивидуальной работы

n карбоната 0,0004000 моль; n HCl 0,0008000 моль; с HCl 0,1000 моль/л. Общая ошибка возможна из-за неверной концентрации стандарта или систематической ошибки прибора. Коэффициент 2 относится к полной нейтрализации до  $\text{CO}_2$  и воды.



## 07. Соответствие исходной программе

### Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

| Пункт программы                            | Действие ученика                                       | Проверяемый результат                |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Первичные и вторичные стандартные растворы | Рассчитать рабочую с по известному количеству вещества | Проверенная концентрация с оговоркой |
| Стандартизация HCl по карбонату натрия     | Использовать уравнение и три расхода                   | Расчёт, среднее и предел вывода      |

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

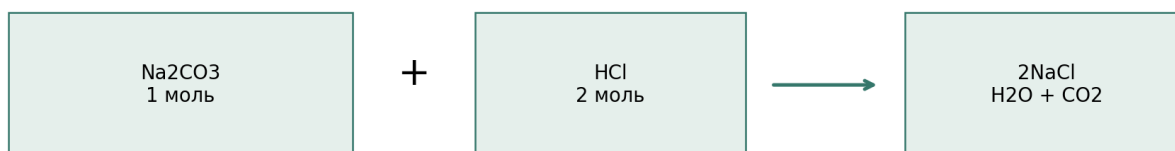
OpenStax: титрование и точка эквивалентности

NIST: смещение и точность

Источники проверены 16.10.2026. Числовые наборы - учебные данные, не результаты проведённых авторами опытов. Схемы и графики подготовлены порталом «Школы России». Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

### Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Полная нейтрализация карбоната натрия



$$n(\text{HCl}) = 2 \times n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

В расчёте используем расход: конечный отсчёт – начальный

Стехиометрия полной нейтрализации: одна формульная единица  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  соответствует двум  $\text{HCl}$ . Вода и  $\text{CO}_2$  — продукты; схема не является инструкцией по сборке установки.