



Урок 27. Стандартный раствор

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

Естественно-научный эксперимент · 8 класс

Урок 27 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

По расчёту приготовили кислоту 0,100 моль/л, но этикетка не заменяет проверки. Как узнать действительную концентрацию, не сравнивая раствор с самим собой?

Проверяемый результат:

Рассчитать концентрацию кислоты по первичному стандарту и объяснить разницу между приготовлением и стандартизацией.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

На этикетке стоит «HCl, расчётно 0,100 моль/л». Три титрования дали близкие расходы, но использовали один и тот же неизвестный раствор как «проверочный». За 2 минуты найдите круг в проверке, за 2 предложите независимую опору, за 1 объясните, почему повторы сами не задают концентрацию.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Стандартный раствор имеет известную концентрацию с установленной точностью. Первичный стандарт - вещество подходящей чистоты, устойчивости и определённого состава, по массе которого можно задать количество. Вторичный стандартный раствор проверяют по первичному стандарту. Не любая соль из бытовой упаковки пригодна: влажность, примеси и состав создают ошибку.

В учебном протоколе использован подготовленный лабораторией безводный Na_2CO_3 , $M=106,0$ г/моль. Реакция полного взаимодействия: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. На 1 моль карбоната нужны 2 моль HCl. Здесь конец процедуры относится к полному расходованию карбоната; остановка на первой ступени дала бы другой результат. Саму процедуру выполняет не класс, мы анализируем данные.

Разбор: 0,5300 г доведены до 100,0 мл. $n \text{ всего} = 0,5300 / 106,0 = 0,005000$ моль, $c = 0,05000$ моль/л. В порции 25,00 мл находится 0,001250 моль карбоната, для неё нужно 0,002500 моль HCl. При расходе 25,00 мл с кислоты $= 0,002500 / 0,02500 = 0,1000$ моль/л. Объём всей колбы нельзя подставлять вместо порции.

От известной массы к проверяемой концентрации



В порции: 0,001250 моль Na_2CO_3

На полную реакцию: 0,002500 моль HCl

$c(\text{HCl}) = 0,002500 \text{ моль} / \text{измеренный расход в литрах}$

Авторская расчётная цепочка стандартизации: 0,5300 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 100,0$ мл раствора $\rightarrow$ порция 25,00 мл $\rightarrow$ 0,001250 моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ 0,002500 моль HCl. Расход кислоты измеряется отдельно. Схема учебная, не инструкция для домашнего опыта.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Повтор	Начало HCl, мл	Конец HCl, мл
1	0,30	25,20
2	1,00	26,10
3	0,20	25,20

Стандарт и порции - как в примере. За 3 минуты найдите расходы, за 3 средний расход и с HCl, за 3 сравните отдельные оценки с, за 2 сформулируйте результат без лишних знаков. Продукт - расходы, среднее, расчёт по коэффициенту 2. Критерии: независимая опора, различие колбы и порции, правильный стехиометрический множитель.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Новый стандарт: 0,4240 г безводного Na_2CO_3 , $M=106,0$ г/моль, конечный объём 100,0 мл. Порция 20,00 мл потребовала 16,00 мл HCl до полного взаимодействия. На этикетке кислоты было 0,1020 моль/л. За 3 минуты найдите с стандарта и количество в порции, за 3 - с HCl, за 2 - относительное отклонение от этикетки. Это расчётная модель, не практическая работа с кислотой.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Тезис: «Запишем больше десятичных знаков - раствор станет точнее». Альтернатива: точность зависит от массы, чистоты, объёмов и обнаружения конца. За 2 минуты найдите источник общей ошибки, за 3 оцените, что будет при влажном стандарте, за 2 сформулируйте, чем стандартизация полезнее красивой этикетки.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Подготовлено 0,2650 г Na_2CO_3 в 100,0 мл; $M=106,0$ г/моль. На порцию 20,00 мл затрачено 10,00 мл HCl до полного взаимодействия. Найдите количество карбоната в порции, необходимое количество HCl и с кислоты. Почему коэффициент 2 обязателен?



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Бумага, калькулятор, карточки массы и объёмов. Предпосылки: $n=m/M$, $c=n/V$, коэффициенты уравнения, расход из бюретки. Используем только предоставленные протоколы; сухие вещества, кислота, нагревание и индикаторы не нужны. История подготовки стандарта описана как условие расчёта, не как инструкция детям. Не выпаривать и не сушить реактивы самостоятельно. Для работы без регистрации достаточно печатных листов.

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 учебную 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 24,90; 25,10; 25,00 мл; среднее 25,00 мл; итоговая $c=0,1000$ моль/л по среднему расходу. Отдельно: около 0,1004; 0,0996; 0,1000 моль/л. Среднее округлённых концентраций не требуется: одинаковые порции позволяют сначала усреднить расход. Разброс показывает повторяемость, но не заменяет проверки чистоты и посуды.

Ответ и объяснение практики 2

n всего = 0,004000 моль, c стандарта = 0,04000 моль/л. В порции 0,0008000 моль Na_2CO_3 , HCl нужно 0,001600 моль. $c(\text{HCl}) = 0,001600/0,01600 = 0,1000$ моль/л. Отклонение $(0,1000 - 0,1020)/0,1020 \cdot 100\% \approx -1,96\%$. Концентрация ниже этикетки, а не выше. Отрицательный знак относится к отклонению, не к самой концентрации.

Опора для обсуждения

При принятой за чистый карбонат влажной навеске действительное количество Na_2CO_3 меньше расчётного. Если делить завышенное расчётное количество HCl на измеренный расход, оценка c окажется завышенной. Количество знаков не устраняет эту ошибку. Нужны пригодный стандарт и документированные условия, а не произвольная допись нулей.

Ключ и критерии индивидуальной работы

В колбе 0,002500 моль; в порции 0,0005000 моль. $\text{HCl} = 0,001000$ моль; $c = 0,1000$ моль/л. Коэффициент 2 следует из сбалансированного уравнения: один карбонат принимает два протона до CO_2 и воды. По 1 баллу за количество в порции, количество HCl , c , объяснение коэффициента.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Первичные и вторичные стандартные растворы	Выбирает независимую опору	Отличает приготовление от стандартизации
Стандартизация соляной кислоты по карбонату натрия	Обрабатывает готовый протокол	Учитывает порцию и отношение 1:2

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

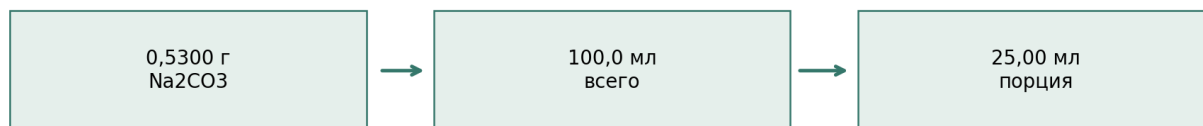
NPTEL, Experiments in Chemistry, лекция 38: стандартизация HCl карбонатом натрия

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

От известной массы к проверяемой концентрации



В порции: 0,001250 моль Na₂CO₃

На полную реакцию: 0,002500 моль HCl

$c(\text{HCl}) = 0,002500 \text{ моль} / \text{измеренный расход в литрах}$

Авторская расчётная цепочка стандартизации: 0,5300 г Na₂CO₃ → 100,0 мл раствора → порция 25,00 мл → 0,001250 моль Na₂CO₃ → 0,002500 моль HCl. Расход кислоты измеряется отдельно. Схема учебная, не инструкция для домашнего опыта.