

Двухступенчатое титрование: многостадийные химические реакции

Растворы. Концентрация растворов.

Класс 11

Уровень: углубленный

Цели

- Определить концентрацию карбонат-ионов в растворе карбоната натрия методом кислотно-основного титрования.

Планируемые результаты

Личностные результаты обучения

- У учащегося формируются познавательные интересы и мотивы, направленные на изучение живой природы, а также интеллектуальные умения (способность доказывать, строить рассуждения, анализировать, сравнивать, делать выводы и пр.).

Метапредметные результаты обучения

- Познавательные:
 - умение устанавливать причинно-следственные и родовидные связи и делать обобщения на различном предметном материале;
 - умение делать умозаключения (индуктивное, дедуктивное и по аналогии) и выводы на основе аргументации.
- Регулятивные:
 - умение преобразовывать практическую задачу в теоретическую;
 - умение планировать собственную экспериментальную деятельность путём личных наблюдений при постановке химических экспериментов;
 - способность контролировать свои действия;
 - умение вести поиск и формулировать доказательство гипотезы на основе эмпирически установленных фактов при выполнении фронтальных лабораторных исследований.
- Коммуникативные:
 - умение организовывать сотрудничество в учебной группе.

• Предметные:

в познавательной (интеллектуальной) сфере

- способность формулировать и воспроизводить понятия «количество вещества», «кислота», «основание», «концентрация», «раствор», «титрование», «титрант»;
- умение рассчитать количество вещества и концентрацию раствора;
- понимание метода кислотно-основного титрования;

в ценностно-ориентационной сфере

- способность анализировать и оценивать последствия для окружающей среды бытовой и производственной деятельности человека, связанной с растворами;
- умение применять теоретические знания по химии на практике;

в сфере трудовой деятельности

- знание и соблюдение правил работы в кабинете химии;
- соблюдение правил работы с компьютером и другими электронными устройствами.

Межпредметные связи

- **математика:** представление данных в табличном виде; составление таблиц и работа с ними; моделирование;
- **информатика:** использование компьютера для проведения эксперимента, построения графиков, представления и анализа данных; работа с электронными приборами и инструментами (датчик pH);
- **физика:** использование датчиковых систем для проведения химических экспериментов.

Оборудование (на одну группу учащихся)

Приборы и инструменты

- регистратор данных PASCO
- Счетчик капель
- Датчик pH

Лабораторное оборудование

- Микромешалка
- Магнитная мешалка
- Стаканы, 50 мл (2 шт.)
- Стакан, 250 мл
- Мерный цилиндр, 100 мл
- Мерный цилиндр, 50 мл
- Пипетка
- Зажим для бюретки
- Штатив
- Угловой зажим



- Воронка
- Контейнер для мусора
- Бюретка
- «Промывалка» с дистиллированной водой;

Реактивы и материалы

- Буферный раствор, $\text{pH} = 4$; 25 мл
- Буферный раствор, $\text{pH} = 10$; 25 мл
- Дистиллированная вода, 200 мл
- Раствор карбоната натрия (Na_2CO_3), 40 мл
- 1,0 Н соляная кислота (HCl), 110 мл

Базовые понятия

Учащиеся должны быть знакомы со следующими понятиями

- Кислота
- Основание
- Реакция нейтрализации
- Количество вещества
- Концентрация
- Масса, объем
- pH
- Стехиометрические расчеты
- Свойства кислот и оснований
- Расчет и определение количества вещества по уравнению химической реакции
- Определение и расчет молярной концентрации веществ

Базовые умения

Учащиеся должны владеть знанием основ пользования системой сбора данных, уметь изменять точность измерений до желаемого разрядного значения.

Подготовка к лабораторной работе

1. Приготовьте 1000 мл 0,50 М раствора карбоната натрия (Na_2CO_3). Этого достаточно для двадцати лабораторных групп:
 - а) налейте около 500 мл дистиллированной воды в стакан на 1000 мл с мешалкой;
 - б) медленно добавьте 53 г твердого Na_2CO_3 и полностью растворите его путем продолжительного перемешивания;
 - в) дайте раствору остыть, затем осторожно перелейте в мерную колбу на 1000 мл и доведите до метки дистиллированной водой;
 - г) закройте и трижды переверните для полного перемешивания.
2. Приготовьте 1000 мл 1,0 Н соляной кислоты из концентрированной (12 М) или разбавленной (6 М) HCl . Этого достаточно для десяти лабораторных групп.



Работа с концентрированной (12 М) HCl:

- а) налейте около 500 мл дистиллированной воды в стакан на 1000 мл с мешалкой;
- б) медленно, непрерывно помешивая, добавьте 83,3 мл 12 М HCl в стакан;
- в) дайте раствору остыть, затем осторожно перелейте в 1000-мл мерную колбу и доведите до метки дистиллированной водой;
- г) закройте и аккуратно переверните трижды для полного перемешивания.

Работа с разбавленной (6 М) HCl:

- а) налейте около 500 мл дистиллированной воды в 1000-мл мерную колбу;
- б) добавьте 166,7 мл 6 М HCl в воду и долейте дистиллированную воду до метки;
- в) закройте и аккуратно переверните трижды для полного перемешивания.

Меры безопасности

Соблюдайте меры безопасности во время работы.

- Работая с кислотами, надевайте защитные очки, лабораторный фартук и защитные перчатки. Рекомендуются влагозащитные очки.
- Если растворы, содержащие кислоты или щелочи, попадут на кожу или в глаза, немедленно промойте эти места обильным количеством проточной воды, как минимум в течение 15 минут.
- При разбавлении кислот и оснований выделяется тепло, будьте крайне осторожны при работе со свежеприготовленными растворами и стеклянной посудой, так как они могут быть очень горячими.
- Всегда добавляйте кислоты и щелочи в воду, и никак не наоборот, поскольку в противном случае раствор может бурно вскипеть.
- Работайте с концентрированными кислотами и щелочами в вытяжном шкафу; пары могут быть едкими или токсичными.
- Соляная кислота – это сильная кислота. Избегайте контакта с кожей и глазами.
- Убедитесь, что все кислоты и основания нейтрализованы, прежде чем вылить их в стакан для отходов.

Место лабораторной работы в структуре урока

Данная работа расширяет экспериментальное изучение по теме «Растворы и способы определения их концентрации» в классах углубленного изучения химии. Поскольку она весьма продолжительна по времени, на нее следует отвести целый урок. Перед выполнением лабораторной работы необходимо рассказать учащимся о сущности кислотно-основного титрования.



Ключи к ответам

Двухступенчатое титрование: многостадийные химические реакции. Растворы. Концентрация растворов.

Самоконтроль

1. Когда кислота отдает ион водорода, как называется оставшаяся анионная часть? а) Сопряженная кислота б) Сопряженное основание в) Двухосновная кислота г) Двухосновное основание	Правильный ответ: б)
2. Азотная кислота (HNO_3) является_____ кислотой. а) трехосновной б) двухосновной в) многоосновной г) одноосновной	Правильный ответ: г)
3. Когда вы ожидаете увидеть пузырьки (образование газа) в ходе реакции между карбонатом натрия и соляной кислоты? а) На первой стадии б) На второй стадии в) На первой и второй стадиях г) Пузырьки не образуются	Правильный ответ: б)
4. Сколько точек эквивалентности будет на кривой титрования для двухосновной кислоты? а) 1 б) 2 в) 3 г) 4	Правильный ответ: б)



Определите правильную последовательность действий

- А. Когда pH стабилизируется (при значении pH менее 2), закройте кран и затем остановите сбор данных. Запишите конечный объем.
- Б. Используйте собранные данные для расчета концентрации раствора карбоната натрия.
- В. Настройте оборудование для титрования и откалибруйте датчик pH.
- Г. Измерьте и запишите исходные объемы карбоната натрия и соляной кислоты. Начните сбор данных, а затем пустите титрант.

Правильная последовательность: В, Г, А, Б

Подготовка к работе**Вопрос № 1.**

Будет ли неоткалиброванный датчик pH давать точные результаты? Почему нужно откалибровать его?

Датчик pH, который не откалиброван, будет давать точные, но неоткалиброванные результаты. После калибровки результаты будут и точными, и откалиброванными.

Вопрос № 2.

Почему необходимо слить небольшое количество титранта через счетчик капель, прежде чем начать титрование?

Слив небольшого количества титранта уберет те небольшие количества воздуха, которые попали в носик бюретки. Попавший в носик бюретки воздух будет исчислен как объем HCl, и это приведет к погрешности.

Вопрос № 3.

Как зеленый свет на счетчике капель поможет вам определить, капает ли HCl раздельными каплями?

Зеленый свет может помочь, так как он мигает каждый раз, когда капля проходит через счетчик. Если он горит непрерывно, значит, счетчик неисправен.

Вопрос № 4.

Запишите исходный объем HCl и концентрацию раствора HCl в текстовом окне внизу.

Исходный объем HCl – 1,60 мл.
Концентрация HCl – 1,0 М.

Вопрос № 5.

Запишите добавленный в стакан объем Na_2CO_3 в текстовом окне внизу.

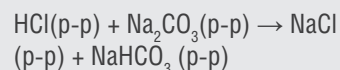
Исходный объем карбоната натрия: 20,0 мл.

Сбор данных

Вопрос № 6.

Какой этап реакции проходит в начале титрования между исходным рН (~ 12) и значением рН = 8?

Реакция кислоты (HCl) с сопряженным основанием (Na_2CO_3) с образованием соли NaCl и нового основания NaHCO_3 :



Вопрос № 7.

Что происходит в стакане, когда рН раствора ниже восьми? Объясните эти наблюдения.

При рН меньше 8 начинают образовываться пузырьки углекислого газа. Потому что второй этап реакции проходит, когда угольная кислота разлагается на воду и углекислый газ.

Анализ

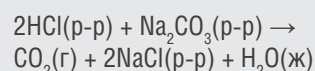
Вопрос № 1.

Когда пузырьки углекислого газа становятся видимыми?

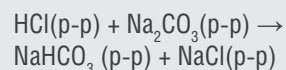
Образование пузырьков видно после первой точки эквивалентности.

Вопрос № 2.

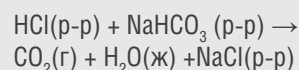
Напишите два химических уравнения в виде отдельных стадий, которые прибавляются друг к другу для получения полной реакции:



Первая стадия реакции:



Вторая стадия реакции:



Вопрос № 3.

Перед первой точкой эквивалентности стакан содержал смесь карбонат-ионов и гидрокарбонат-ионов. Какой из этих двух ионов легче принимает ионы водорода?

Карбонат-ион легче принимает протоны.

Вопрос № 4.

После первой точки эквивалентности образование углекислого газа было быстрым. Оставались ли карбонат-ионы в растворе? Как вы думаете, что показывает первая точка эквивалентности?

После первой точки эквивалентности все карбонат-ионы были израсходованы. Первая точка эквивалентности показывает точку, в которой все карбонат-ионы стали гидрокарбонат-ионами.

Вопрос № 5.

В реакции перестали образовываться пузырьки во второй точке эквивалентности. Что вы можете сказать об объеме кислоты, необходимой для достижения каждой точки эквивалентности?

Требуются сходные количества кислоты, чтобы достичь первой точки эквивалентности и затем достичь второй точки.

Вопрос № 6.

Почему образование пузырьков прекратилось после второй точки эквивалентности?

Образование пузырьков прекратилось после второй точки эквивалентности, потому что все исходные карбонат-ионы получили по два иона водорода, чтобы стать угольной кислотой, которая немедленно разлагается на углекислый газ и воду.

Выводы**Вопрос № 1.**

Часто продукт одной химической реакции может стать реагентом в другой химической реакции. Приведите пример, доказывающий верность этого утверждения, с использованием реакций, которые вы видели в данном эксперименте.

Продукт первой стадии реакции – гидрокарбонат-ионы – становится реагентом для второй стадии.

Вопрос № 2.

Рассчитайте количество молей диоксида углерода, который был образован. Покажите свою работу. Что было лимитирующим реагентом?

Лимитирующим реагентом был карбонат натрия.

Вопрос № 3.

Рассчитайте объем в литрах образовавшегося углекислого газа при нормальных условиях. Покажите свою работу.

$$V = V_m \cdot \nu.$$

Выберите правильный ответ

1. В кислотно-основном титровании точка эквивалентности кривой показывает:

- а) точку, в которой есть одинаковое количество вещества кислоты и основания;
- б) точку, где в бюретке закончилась кислота;
- в) точку, где значение pH максимально;
- г) точку, где значение pH минимально.

Правильный ответ: а)

2. Угольная кислота известна как двухосновная кислота. Почему?

- а) Поскольку она реагирует с основанием;
- б) Потому что она имеет два иона водорода, которые могут быть отданы;
- в) Поскольку она производит углекислый газ;
- г) Потому что она может выступать в качестве кислоты или основания.

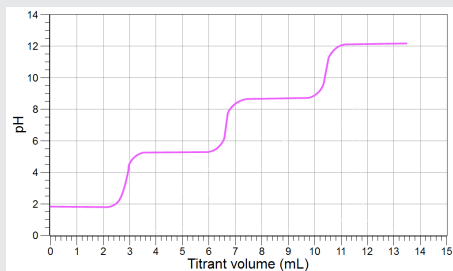
Правильный ответ: б)

3. Сколько точек эквивалентности при титровании двухосновной кислоты?

- а) 0
- б) 1
- в) 2
- г) 3

Правильный ответ: в)

4. Кривая титрования ниже представляет _____ кислоту.



- а) одноосновную
- б) двухосновную
- в) трехосновную
- г) четырехосновную

Правильный ответ: в)

5. Какой газ выделяется, когда кислота реагирует с карбонатом натрия?

- а) водород
- б) кислород
- в) метан
- г) углекислый газ

Правильный ответ: г)