

# Кислотно-основное титрование

## Растворы. Концентрация растворов.

Класс 11

Уровень: углубленный

### Цели

- Определить концентрацию соляной и уксусной кислот методом кислотно-основного титрования.

### Планируемые результаты

#### Личностные результаты обучения

- У учащихся 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;
  - способность 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 исследовать механизм реакции нейтрализации;
  - умение 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 (счетчик капель, датчик pH);
- **физика:** использование датчиковых систем для проведения химических экспериментов.

## Оборудование (на одну группу учащихся)

### Приборы и инструменты

- Регистратор данных PASCO
- Цифровой датчик pH
- Цифровой счетчик капель

### Лабораторное оборудование

- Магнитная мешалка
- Якорь магнитной мешалки
- Химические стаканы, 250 мл (2 шт.)
- Химические стаканы, 50 мл (2 шт.)
- Мерный цилиндр, 100 мл
- Градуированная пипетка или мерный цилиндр, 10 мл
- Бюретка, 50 мл
- Штатив
- Правосторонняя лапка
- Зажим для бюретки
- Воронка
- Пипетка с одной меткой
- Емкость для отходов
- Промывная склянка с дистиллированной водой

**Реактивы и материалы**

- Буферный раствор с  $\text{pH} = 4$ ; 25 мл
- Буферный раствор с  $\text{pH} = 10$ ; 25 мл
- Дистиллированная вода, 200 мл
- 0,1 М раствор соляной кислоты (HCl), 10 мл
- 0,1 М раствор уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), 10 мл
- Стандартизированный раствор гидроксида натрия (NaOH), 120 мл,  $C(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ М}$

**Базовые понятия****Учащиеся должны быть знакомы со следующими понятиями**

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

**Базовые умения**

- Учащиеся должны знать основы пользования системой сбора данных, в том числе уметь изменять точность измерений до желаемого разрядного значения.

**Подготовка к лабораторной работе**

1. Приготовьте 1000 мл 0,1 М соляной кислоты из концентрированной (12 М) или разведенной (6 М) HCl. Этого объема достаточно для ста лабораторных групп.

*Работа с концентрированной (12 М) HCl:*

- а) поместите якорь мешалки в химический стакан объемом 1000 мл и добавьте туда приблизительно 500 мл дистиллированной воды;
- б) медленно, постоянно перемешивая, добавьте в химический стакан 8,3 мл 12 М HCl;
- в) дайте раствору остыть. Затем осторожно перелейте его в мерную колбу объемом 1000 мл и разведите до метки дистиллированной водой;
- г) закройте и осторожно переверните три раза для полного перемешивания.

*Работа с разведенной (6 М) HCl:*

- а) Налейте в мерную колбу объемом 1000 мл приблизительно 500 мл дистиллированной воды;
- б) добавьте в воду 16,7 мл 6 М HCl и разведите до метки дистиллированной водой;
- в) закройте и осторожно переверните три раза для полного перемешивания.

2. Приготовьте 1000 мл 0,1 М уксусной кислоты из концентрированной (ледяной, 17,4 М) или разведенной (6 М) уксусной кислоты. Этого объема достаточно для ста лабораторных групп.

*Работа с концентрированной (ледяной, 17,4 М) уксусной кислотой:*

- а) поместите якорь мешалки в химический стакан объемом 1000 мл и добавьте приблизительно 500 мл дистиллированной воды;
- б) медленно, постоянно помешивая, добавьте в химический стакан 5,7 мл 17,4 М уксусной кислоты;
- в) дайте раствору остыть. Затем осторожно перелейте его в мерную колбу объемом 1000 мл и разведите до метки дистиллированной водой;
- г) закройте и осторожно переверните три раза для полного перемешивания.

*Работа с разведенной (6 М) уксусной кислотой:*

- а) добавьте в мерную колбу объемом 1000 мл приблизительно 500 мл дистиллированной воды;
- б) добавьте в воду 16,7 мл 6 М уксусной кислоты и разведите до метки дистиллированной водой;
- в) закройте и осторожно переверните три раза для полного перемешивания.

3. Приготовьте 1000 мл 0,1 М гидроксида натрия (NaOH). Этого объема достаточно для восьми лабораторных групп:

- а) поместите якорь мешалки в химический стакан объемом 1000 мл и добавьте приблизительно 500 мл дистиллированной воды;
- б) медленно, при постоянном помешивании, добавьте в химический стакан 4,0 г твердого NaOH; дайте ему полностью раствориться;
- в) дайте раствору остыть, затем осторожно перелейте его в мерную колбу объемом 1000 мл и разведите до метки дистиллированной водой;
- г) закройте и осторожно переверните три раза для полного перемешивания;
- д) концентрация раствора NaOH может варьироваться из-за гигроскопических свойств (способности поглощать воду из окружающей среды) твердого NaOH. Раствор NaOH может поглощать из воздуха углекислый газ; это приводит к образованию небольшого количества угольной кислоты, которая может нейтрализовать небольшую часть NaOH. Для получения наилучших результатов точно определите концентрацию (стандартизируйте) раствор 0,1 М NaOH при помощи титрования битартратом калия (кислым виннокислым калием), которое описывается в следующем пункте. Сообщите учащимся фактическую молярную концентрацию раствора NaOH.

4. Следуйте приведенным ниже пунктам для стандартизации NaOH при помощи битартрата калия ( $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ). Можно использовать и другие вещества, например, янтарную или щавелевую кислоту:

- а) в химическом стакане объемом 100 мл растворите приблизительно 0,5 г битартрата калия (запишите фактическое количество) ровно в 50 мл дистиллированной воды;
- б) при помощи откалиброванного датчика pH и счетчика капель найдите объем 0,1 М раствора NaOH, который необходим для нейтрализации раствора битартрата калия;
- в) используйте следующий расчет (закон эквивалентов для растворов) для определения фактической концентрации раствора NaOH:  $C1V1 = C2V2$

## Меры безопасности

- При работе с кислотами надевайте защитные очки, лабораторный фартук и перчатки. Рекомендуются брызгозащитные очки. Можно использовать латексные перчатки.
- При попадании в глаза или на кожу кислоты необходимо немедленно промыть пораженные области большим количеством проточной воды.
- При разведении кислот образуется тепло. Будьте крайне осторожны при работе со свежеприготовленными растворами, поскольку они могут быть очень горячими.
- Работайте с концентрированными растворами в вытяжном шкафу, поскольку их пары могут быть едкими и токсичными.
- Гидроксид натрия, соляная и уксусная кислоты — коррозионно-активные раздражающие вещества. Избегайте их контакта с глазами и мойте руки после работы с ними.
- Убедитесь, что все кислоты и основания были нейтрализованы перед выливанием в канализацию.
- При смешивании кислот с водой всегда добавляйте кислоту к воде, а не наоборот, поскольку растворы могут нагреваться до кипения.

## Место лабораторной работы в структуре урока

Данная работа расширяет экспериментальное изучение по теме «Растворы. Способы определения концентрации растворов» в классах углубленного изучения химии. Поскольку она продолжительна по времени, на нее следует отвести целый урок.

Перед выполнением данной лабораторной работы необходимо рассказать учащимся о сущности кислотно-основного титрования.



## Ключи к ответам

Кислотно-основное титрование. Растворы. Концентрация растворов.

### Самоконтроль

1. Титрование используется для определения \_\_\_\_\_ реагента.

- а) плотности;
- б) рН;
- в) массы;
- г) концентрации.

Правильный ответ: г)

### Определите правильную последовательность

- А) Установите оборудование для титрования и откалибруйте датчик рН.
- Б) Измерьте и запишите объемы NaOH и HCl. Начните сбор данных, а затем добавляйте титрант.
- В) Тщательно очистите оборудование и повторите процедуру с уксусной кислотой.
- Г) Когда рН достигнет 12, закройте кран бюретки и остановите сбор данных. Запишите конечный объем NaOH.

Правильный ответ:  
А, Б, Г, В

### Подготовка к работе

#### Вопрос № 1.

При помощи термина «точность» объясните, почему необходимо калибровать датчик рН.

Датчик рН необходимо калибровать для получения точных результатов. Если калибровка не была проведена, результаты будут точными, но не верными.

#### Вопрос № 2.

Почему необходимо промывать бюретку стандартизированным раствором NaOH?

Бюретку необходимо промывать раствором NaOH для того, чтобы не было изменения концентрации раствора NaOH.

#### Вопрос № 3.

Почему необходимо начинать титрование заново, если вы случайно позволили титранту вытечь из крана бюретки вместо его капельной подачи?

Если титрант вытек из крана бюретки вместо его капельной подачи, счетчик не сможет правильно подсчитать количество капель и в результате будет получен неправильный объем добавленного титранта.

**Ход работы: титрование соляной кислоты**

<p><b>Вопрос № 4.</b></p> <p>Запишите исходный объем NaOH и концентрацию стандартизированного раствора NaOH в текстовое поле ниже.</p>	<p>Исходный объем NaOH: 0,72 мл; концентрация NaOH: 0,10 М.</p>
<p><b>Вопрос № 5.</b></p> <p>Запишите объем HCl, добавленный в химический стакан, в текстовое поле ниже.</p>	<p>Исходный объем HCl: 10,0 мл</p>

**Сбор данных**

<p><b>Вопрос № 6.</b></p> <p>Почему необходимо перемешивать раствор во время титрования?</p>	<p>Раствор необходимо перемешивать для тщательного смешивания ионов в растворе, благодаря чему записанное значение pH будет соответствовать pH всего раствора.</p>
<p><b>Вопрос № 7.</b></p> <p>Какие соединения образовались в химическом стакане?</p>	<p>В химическом стакане образовались такие продукты, как NaCl (хлорид натрия, соль) и вода.</p>

**Ход работы: титрование уксусной кислоты**

<p><b>Вопрос № 1.</b></p> <p>Запишите исходный объем NaOH и концентрацию стандартизированного раствора NaOH.</p>	<p>Исходный объем NaOH: 4,30 мл. Концентрация NaOH: 0,10 М.</p>
<p><b>Вопрос № 2.</b></p> <p>Запишите объем добавленной в химический стакан уксусной кислоты.</p>	<p>Исходный объем уксусной кислоты: 10,0 мл.</p>

**Сбор данных**

<p><b>Вопрос № 3.</b></p> <p>Какие вещества образовались в химическом стакане?</p> <p><math>\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow ?</math></p>	<p>В химическом стакане образовались такие продукты, как <math>\text{CH}_3\text{COONa}</math> (ацетат натрия, соль) и вода.</p>
<p><b>Вопрос № 4.</b></p> <p>Реакция какого типа произошла?</p>	<p>Произошла реакция нейтрализации.</p>



## Анализ

1. Каково значение точки на кривой титрования, где ее крутизна наибольшая?	Точка на кривой титрования, где ее крутизна наибольшая, является точкой эквивалентности. Точка эквивалентности — это точка, в которой количество добавленного основания равно исходному количеству кислоты (или очень близко к нему).
2. Какую тенденцию изменения кривизны кривой титрования можно заметить в начале титрования и в точке эквивалентности?	Крутизна кривой титрования крайне невелика в начале и увеличивается в ходе титрования по мере приближения к точке эквивалентности.
3. Как вы думаете, концентрации кислоты и основания скорее всего будут равны в определенной экспериментальной точке эквивалентности? Объясните ваши рассуждения.	Экспериментально определенная точка эквивалентности скорее всего не будет соответствовать тому количеству добавленного основания на кривой титрования, которое было бы равно исходному количеству кислоты. Добавленная капля не обязательно полностью прореагирует с оставшимся небольшим количеством кислоты.
4. Какую разницу в виде кривой титрования для двух различных кислот можно заметить между началом титрования и точкой эквивалентности?	Начало кривой титрования отличается, поскольку раствор уксусной кислоты имеет вначале большее значение pH и сохраняет его до точки эквивалентности.
5. Какова разница между pH в точках эквивалентности двух кривых титрования различных кислот? Объясните.	pH в точке эквивалентности составляет менее семи у HCl и более семи у уксусной кислоты. Это происходит из-за того, что ацетат натрия реагирует с водой с образованием гидроксид-иона, что приводит к повышению pH.



**Выводы**

1. Как вы можете определить концентрацию раствора гидроксида натрия неизвестной концентрации?	Для определения концентрации раствора гидроксида натрия проводят титрование известной кислотой с известной концентрацией, такой как 0,10 М HCl в качестве титранта.
2. Объясните разницу между силой и концентрацией кислоты.	Сила кислоты является степенью диссоциации ионов водорода. Концентрация обозначает общее количество молекул кислоты вне зависимости от того, диссоциируют они или нет.

**Выберите правильный ответ**

<p>1. При титровании кислоты основанием значение pH в начале будет _____, а в конце _____.</p> <p><i>Подсказка:</i> кислота является исследуемым веществом в химическом стакане, а основание -- титрантом в бюретке.</p> <p>а) низким, низким;          б) высоким, низким;          в) низким, высоким;          г) высоким, высоким.</p>	Правильный ответ: в)
<p>2. На кривой титрования точка эквивалентности является _____.</p> <p>а) точкой наименьшей крутизны;          б) точкой наибольшей крутизны;          в) точкой с нулевой крутизной;          г) точкой, в которой pH равно нулю.</p>	Правильный ответ: б)
<p>3. _____ концентрации ионов гидроксония в водном растворе вызывает _____ концентрации гидроксид-ионов и _____ pH раствора.</p> <p>а) увеличение; увеличение; увеличении;          б) уменьшение; уменьшение; уменьшение;          в) увеличение; уменьшение; уменьшение;          г) увеличение; уменьшение; увеличение.</p>	Правильный ответ: в)



<p>4. Реакция между кислотой и основанием называется _____.</p> <p>а) реакцией рН; б) реакцией титрования; в) s-образной кривой; г) реакцией нейтрализации.</p>	Правильный ответ: г)
<p>5. Титрование используется для _____.</p> <p>а) определения концентрации известных растворов; б) определения рН известных растворов; в) определения видов молекул в растворе; г) распознавания кислот и оснований.</p>	Правильный ответ: а)

