

Скорость реакции и энергия активации кислотного гидролиза этилацетата



В кислотном растворе этилацетат гидролизуется до эквивалентных количеств этанола и уксусной кислоты в соответствии с законом скорости псевдопервого порядка. Алкалиметрическое определение образовавшейся уксусной кислоты позволяет сделать выводы о временной концентрации эфира.

Химия

Общая химия

Химические реакции

Основы химической реакции

Химия

Физическая химия

Химическая кинетика



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

тяжелый

2

10 Минут

20 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/63184371594e9900030f908a>

PHYWE

Общая информация

Описание

PHYWE

Экспериментальная установка

Этот эксперимент иллюстрирует влияние температуры на скорость реакции.

В кислотном растворе этилацетат гидролизуется до эквивалентных количеств этанола и уксусной кислоты в соответствии с законом скорости псевдопервого порядка.

Алкалиметрическое определение образовавшейся уксусной кислоты позволяет сделать выводы о временной концентрации этинала

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

Предварительные знания



Принцип



- Закон действия масс гласит, что для обратимой реакции в химическом равновесии коэффициент произведения активностей продуктов реакции и произведения активностей эдуктов реакции имеет фиксированное значение. Это значение называется константой скорости k .
- Кислотно-основное титрование - это измерительно-аналитический метод определения концентраций кислот и оснований.
- В кислотном растворе этилацетат гидролизуется до эквивалентных количеств этанола и уксусной кислоты в соответствии с законом скорости псевдопервого порядка.
- Алкалиметрическое определение образовавшейся уксусной кислоты позволяет сделать выводы о временной концентрации эфира.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

Цель обучения



Задачи



Получаем понятие о:

- Скорость реакции
- Константа скорости
- молекулярность реакции
- закон скорости для реакций
- Уравнение Аррениуса

1. Определите константу скорости реакции для кислотного гидролиза этилацетата при двух (или более) температурах.
2. Рассчитайте энергию активации реакции по температурной зависимости измеренных констант скорости.

Указания по технике безопасности



- Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов на уроках естествознания.
- обратите внимание на паспорт безопасности соответствующего химического вещества.

Теория (1/7)



Гидролиз сложного эфира кислоты описывается равновесием



При данных экспериментальных условиях равновесие количественно смещено в сторону продуктов реакции. Скорость (темпер) реакции V_R этой реакции дается законом скорости:

$$v_R = -\frac{dc_E}{dt} = k c_E c_W c_K \quad (1)$$

где k скорость реакции и c_E , c_W , c_K концентрация эфира, воды и катализатора в момент времени t .

Скорость исследуемой реакции является функцией концентрации кислоты и может контролироваться ею.

Теория (2/7)



В результате практического постоянства концентраций H_2O (стехиометрический избыток) и H_3O^+ (катализатор), это сводится к

$$\frac{dc_E}{dt} = k' c_E \quad (2)$$

Скорость гидролиза, таким образом, соответствует псевдо-первому правилу времени, интегрирование которого приводит к следующему:

$$\ln \frac{c_{E,0}}{c_E} = k't \quad (3)$$

Концентрация сложных эфиров $c_{E,0}$ и c_E в то время t_0 и t можно заменить объемами NaOH, необходимыми для нейтрализации образцов в начале ($v_{NaOH,0}$), во время реакции (V_{NaOH}) и после полного преобразования ($V_{NaOH,\infty}$):

Теория (3/7)



$$\ln \frac{V_{NaOH,\infty} - V_{NaOH,0}}{V_{NaOH,\infty} - V_{NaOH,0}} = \ln Q = k't \quad (4)$$

Объемы $v_{NaOH,0}$ и $V_{NaOH,\infty}$ может быть определена экспериментально (см. "Установка и процедура") или рассчитана с помощью следующих соотношений:

$$V_{NaOH,0} = \frac{c_{HCl} V_1}{c_{NaOH}} \cdot \frac{100}{105} \quad (5)$$

○ где c_{HCl} концентрация раствора HCl (= 1,0 моль/л)

○ c_{NaOH} концентрация раствора NaOH (= 0,2 моль/л)

○ и V_1 объем образца (= 5 мл)

$$V_{NaOH,0} = \frac{c_{HCl} V_1}{c_{NaOH}} \cdot \frac{100}{105} \quad (5)$$

○ где ρ_E плотность этилацетата при T = 298 K (= 0,895 г/мл)

○ M_E молярная масса этилацетата (= 88,12 г/моль)

Теория (4/7)

$$V_{\text{NaOH}, \infty} = \frac{\rho_E V_E V_1}{M_E V_S c_{\text{NaOH}}} + V_{\text{NaOH}, 0} \quad (6)$$

- где ρ_E плотность этилацетата при $T = 298$ K (= 0,895 г/мл)
- M_E молярная масса этилацетата (= 88,12 г/моль)
- V_E это объема этилацетата, содержащегося в объеме всей системы $V_s = 105$ ml в то время t_0 (= 5 мл)

Теория (5/7)



Постоянная k определяет зависимость скорости реакции от условий связывания участвующих молекул, типа реакции и температуры. Для того чтобы две молекулы вступили в реакцию, они должны не только столкнуться, но и обладать достаточной энергией.

Энергия активации E_A это разница между средним содержанием энергии до реакции и энергией, необходимой для реакции. Молекулы получают энергию, необходимую для активации, от подводимого тепла, света и в результате обмена энергией при столкновениях. Такое получение энергии активирует молекулы (ослабляет связи, поляризует и т.д.), чтобы они могли реагировать. Доля молекул с таким повышенным содержанием энергии увеличивается с ростом температуры. Чем больше доля молекул, способных к реакции, тем больше молекул будет реагировать, и тем выше скорость реакции.

Теория (6/7)

Энергия активации может быть определена с помощью эмпирического уравнения Аррениуса:

$$k' = k_{\max} \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}} \quad (7)$$

где R универсальная газовая постоянная $= 8,31441 \frac{J}{K \cdot mol}$ и k_{\max} максимальная константа скорости при бесконечной температуре (фактор частоты).

k_{\max} это константа скорости, которая была бы получена, если бы каждое столкновение приводило к реакции, т.е. если бы энергия активации была равна 0. Для двух известных пар значений, имеющих константы скорости k'_1 и k'_2 и температуры T_1 и T_2 , используя

$$\ln k' = -\frac{E_A}{RT} + \ln k_{\max} \quad (8)$$

Теория (7/7)

возникают следующие конкретные отношения:

$$\ln k'_1 = -\frac{E_A}{RT_1} + \ln k_{\max} \quad (9)$$

$$\ln k'_2 = -\frac{E_A}{RT_2} + \ln k_{\max} \quad (10)$$

из которого путем вычитания

$$E_A = R \cdot \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \cdot \ln \frac{k'_2}{k'_1} \quad (11)$$

Если имеются дополнительные данные относительно k' и T (т.е. измерения при нескольких температурах), то энергия активации может быть альтернативно определена по наклону линейной зависимости между $\ln k'$ и $1/T$ в соответствии с уравнением (8).

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Магнитная мешалка	35753-93	1
2	Магнитная мешалка, цилиндрическая, 15 мм	46299-01	1
3	Магнитная мешалка, цилиндрическая, 30 мм	46299-02	1
4	Подставка для штатива Бунзена, 210x130 мм, h=750 мм	37694-00	2
5	Штативный стержень, нерж. ст., l=500 мм, резьба M10.	02022-20	1
6	Прямоугольный зажим	37697-00	4
7	Универсальный зажим	37715-01	4
8	Зажим для бюреток, с 2 роликовыми держателями	37720-00	1
9	Погружной термостат Alpha A, до 100 °C, 220 В	08493-93	1
10	Насос для термостата Alpha A	08493-02	1
11	Ванна для термостата, 6 л	08487-02	1
12	Цифровой термометр, NiCr-Ni, -50 ... + 1300 ° C	07050-00	1
13	Иммерсионный датчик NiCr-Ni, -50...400°C	13615-03	1
14	Бюретка, с боковым краном, 50 мл	MAU-24022024	1
15	Мерная колба, 1000 мл, NS24/29	36552-00	1
16	Мерный цилиндр, 100 мл	36629-00	1
17	Мерная пипетка, 5 мл	36577-00	2
18	Мерная пипетка, 100 мл	36582-00	1
19	Лоток для пипеток	36589-00	1
20	Шаровая пипетка	36592-00	1
21	Колба Эrlenmeyера, широкогорлая, 250 мл	36134-00	2
22	Колба Эrlenmeyера, Боро, 250 мл, SB 29	MAU-EK17082306	2
23	Резиновая пробка, d=32/26 мм, без отверстия	39258-00	2
24	Мензурка, низкая, 250 мл	46054-00	1
25	Кристаллизационная чашка, 150 mm	46245-00	1
26	Воронка, верхний d=50 мм, стекло	34457-00	1
27	Пипетки Пастера, l=145 мм, 250 шт.	36590-00	1
28	Резиновые наконечники для пипеток, 10 шт.	39275-03	1
29	Промывалка, пластмасса, 500 мл	33931-00	1
30	Секундомер, цифровой, 24 часа, 1/ 100 с & 1 с	24025-00	1
31	Резиновые трубки, внутренний d=6 мм	39282-00	2
32	Зажим для трубы, d=8-16 мм	40996-02	3

PHYWE

Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE

Экспериментальная установка

- Соберите эксперимент, как показано на рисунке.
- Установите водяную баню и термостат (установка справа на рисунке).
- Установите подставку с держателем бюретки и бюреткой.
- Приготовьте 0,2 молярный раствор NaOH, пипетируя 200 мл 1,0 молярного раствора гидроксида натрия в волюметрическую колбу объемом 1000 мл и заполнив до калибровочной метки водой.

Выполнение работы (1/2)

PHYWE

- Перелейте 100 мл 1 молярного раствора соляной кислоты в колбу Эрленмейера, закройте ее пробкой и уравновесьте температуру в течение примерно 15 минут при 25 °C (измерьте точную температуру (T_1)).
- Начните реакцию, добавив 5 мл этилацетата (комнатной температуры). Коротко встряхните колбу, затем поместите ее в терmostатируемую баню.
- Через 10 минут и с последующими интервалами в 10 минут возьмите 5 мл пробы и перенесите ее в широкогорлую колбу Эрленмейера, содержащую 100 мл холодной воды. Это немедленно остановит реакцию.
- Титруйте растворы с минимально возможной задержкой 0,2 молярным раствором гидроксида натрия, используя фенолфталеин в качестве индикатора.
- Прервите серию измерений после времени реакции 50 минут.
- Повторите описанную выше процедуру при температуре 45 °C (T_2).

Выполнение работы (2/2)

PHYWE

- Объемы NaOH в момент времени t_0 ($V_{NaOH;0}$, нейтрализация постоянным количеством HCl) и после полного превращения ($V_{NaOH;\infty}$) необходимы для оценки. Они могут быть либо рассчитаны (см. "Теория и оценка"), либо определены экспериментально следующим образом.
- Для определения ($V_{NaOH;\infty}$), после завершения первой серии измерений нагрейте раствор, который был преобразован в наибольшей степени, примерно до 70 °C на водяной бане на магнитной мешалке. При этой температуре реакция завершится. Дайте раствору остить, затем титруйте его 0,2 молярным раствором NaOH, как описано выше.
- Для определения начального потребления $V_{NaOH;0}$ титровать 5 мл 0,1 молярного раствора соляной кислоты, при этом объем должен быть скорректирован на коэффициент 100/105 для эфирной части, которая здесь отсутствует.



Оценка

Оценка (1/5)

В соответствии с уравнением (4), график выражения $\ln \frac{V_{NaOH;\infty} - V_{NaOH;0}}{V_{NaOH;\infty} - V_{NaOH}}$ в зависимости от времени представляет собой восходящую прямую линию с наклоном k' .

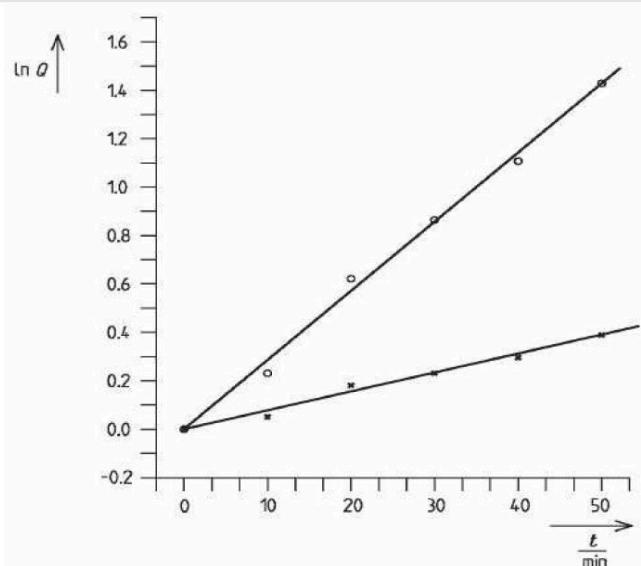
На графике показано графическое определение констант скорости реакции для кислотного гидролиза этилацетата при двух температурах

(x: T1 = 299,5 K;

0: T2 = 314,15 K;

$c_{(H_3O^+)} = 1,0 \text{ моль/л}$;

$$\ln Q = \ln [(V_{NaOH;\infty} - V_{NaOH;0})].$$



Оценка (2/5)

PHYWE

Определенные константы скорости k'_1 и k'_2 при температурах T_1 и T_2 :

Определенная энергия активации E_A :

Оценка (3/5)

PHYWE

Уравнение Аррениуса описывает зависимость скорости реакции k на температуру T и энергия активации. Как k изменяется с повышением температуры?

- Скорость реакции увеличивается.
- Скорость реакции уменьшается
- Скорость реакции зависит от концентрации реагирующих веществ, поэтому k уменьшается.

 Проверьте

Оценка (4/5)

PHYWE



Увеличение кинетической энергии частиц приводит к...

- увеличение скорости реакции.
- без изменения скорости реакции.
- уменьшение скорости реакции.

Проверьте

Оценка (5/5)

PHYWE

Ферменты катализируют биохимические процессы в живых организмах. Способ действия/функция катализатора основывается на:

- смещение равновесия реакции.
- инверсия отношений пространства-времени-массы.
- уменьшение энергии активации и, как следствие, увеличение скорости реакции.
- понижение температуры реакции и последующее увеличение скорости реакции.

Проверьте

Слайд Оценка / Всего

Слайд 21: Уравнение Аррениуса 0/1

Слайд 22: Кинетическая энергия 0/2

Слайд 23: Ферменты 0/1

Общий балл  0/4

 Показать решения

 Повторная попытка

 Экспорт текста