

# Скорость реакции и энергия активации кислотного гидролиза этилацетата



В кислотном растворе этилацетат гидролизуеться 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

тяжелый



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

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 гидролизуеться 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 этана

## 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  $k$ .
- Кисотно-основное титрование - это измерительно-аналитический метод определения концентраций кислот и оснований.
- В кислотном растворе этилацетат гидролизуеться 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
- молекулярность реакции
- Уравнение Аррениуса
- Константа скорости
- закон скорости для реакций

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

PHYWE

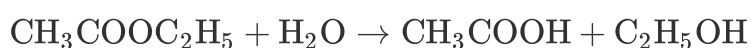


- Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов на уроках естествознания.
- обратите внимание на паспорт безопасности соответствующего химического вещества.

## Теория (1/7)

PHYWE

Гидролиз сложного эфира кислоты описывается равновесием



При данных экспериментальных условиях равновесие количественно смещено в сторону продуктов реакции. Скорость (темп) 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)

PHYWE

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)

PHYWE

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

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  $\rho_E$  плотность этилацетата при  $T = 298 \text{ K}$  (= 0,895 г/мл)
- $M_E$  молярная масса этилацетата (= 88,12 г/моль)

## Теория (4/7)

PHYWE

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

- где  $\rho_E$  плотность этилацетата при  $T = 298 \text{ K}$  ( $= 0,895 \text{ г/мл}$ )
- $M_E$  молярная масса этилацетата ( $= 88,12 \text{ г/моль}$ )
- $V_E$  это объём этилацетата, содержащегося в объёме всей системы  $V_s = 105 \text{ ml}$  то время  $t_0 (= 5 \text{ мл})$

## Теория (5/7)

PHYWE



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)

PHYWE

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)

PHYWE

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 Эрленмейера, широкогорлая, 250 мл	36134-00	2
22	Колба Эрленмейера, 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 трубки, 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 термостатируемую 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 ( $T_2$ ).

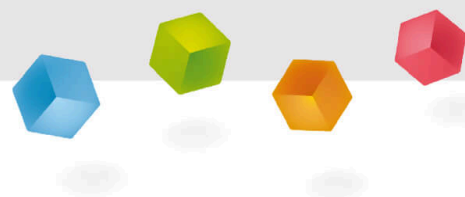
## Выполнение работы (2/2)

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 остыть, 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.

PHYWE

## Оценка



### Оценка (1/5)

PHYWE

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  $k'$ .

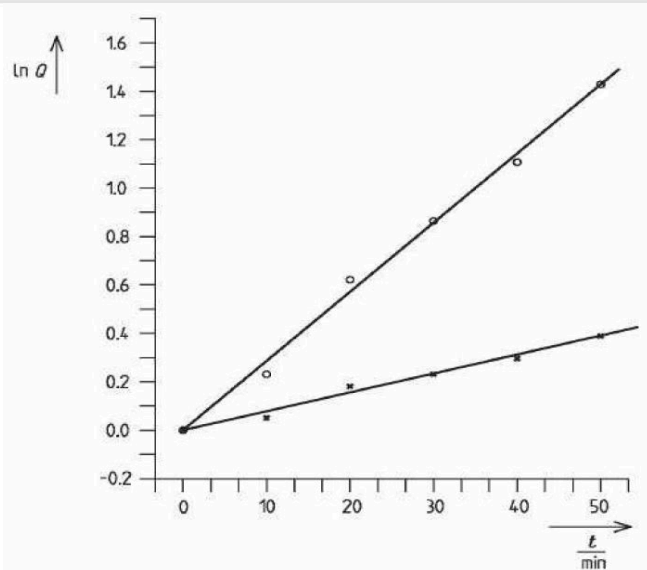
На графике показано графическое определение констант скорости реакции для кислотного гидролиза этилацетата при двух температурах

(x: T1 = 299,5 K;

o: 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

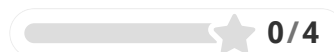
Ферменты катализируют биохимические процессы в живых организмах. Способ действия/ функция катализатора основывается на:

- ☐ 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



Показать решения



Повторная попытка



Экспорт текста