

Кинетика инверсии сахарозы



Ход реакции инверсии сахарозы сопровождается изменением угла поворота поляризованного света. В то время как глюкоза вращает плоскость поляризации линейно поляризованного света по часовой стрелке, а инвертный сахар - влево. Изменение угла поворота поляризованного света во времени измеряется с помощью полутеневого поляриметра.

Химия → Общая химия → Химические реакции → Основы химической реакции

Химия → Органическая химия → Биохимия

Химия → Физическая химия → Химическая кинетика

Биология → Биохимия

Прикладные науки → Медицина → Биохимия



Уровень сложности

средний



Размер группы

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут

PHYWE
excellence in science

Общая информация

Описание

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Многие биологически важные вещества являются хиральными. Различные конформеры могут выполнять разные функции в биологических системах. Многие клеточные рецепторы и ферменты высоко энантиомерно-специфичны и специализируются на соединениях по часовой стрелке или против часовой стрелки. Таким образом, почти все природные аминокислоты присутствуют в L-форме, тогда как D-форма преобладает для сахаров. Хорошим примером стереоселективности является скандал с талидомидом в 1950-х / 60-х годах. Это успокаивающее средство, которое было популярно в то время, часто использовалось как успокаивающее средство для беременных. Только после многих лет использования было обнаружено, что L-форма хиральной молекулы оказывает сильное разрушающее действие на плод, что привело к рождению детей с пороками развития. Только R-форма талидомида приводит к желаемому седативному эффекту.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE
excellence in science

предварительные знания



Научный принцип



Асимметричные углеродные центры - это молекулы углерода в органических соединениях, к которым присоединены четыре различные химические группы. Их также называют хиральными атомами углерода.

Углеводы хиральны, что означает, что в их молекулярной структуре присутствует определенное количество хиральных атомов углерода.

Реакция инверсии сахарозы, которая катализируется протонами, дает инвертный сахар, который представляет собой смесь глюкозы и фруктозы. Реакция сопровождается изменением оптического вращения системы.

Глюкоза поворачивает плоскость поляризации линейно поляризованного света вправо, а инвертированный сахар - влево. Для измерения изменения угла поворота поляризованного света во время реакции инверсии сахарозы с течением времени используется полукруглый поляриметр.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

Цель обучения



Задачи



Использование поляриметра для определения угла поворота оптически активного вещества.

Определение скорости реакции инверсии сахарозы.

1. Определите удельный угол вращения сахарозы и лактозы, измеряя угол вращения растворов различных концентраций.
2. Определите константу скорости инверсии сахарозы.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE
excellence in science

- К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.
- Правила работы с опасными веществами приведены в соответствующих паспортах безопасности.

Теория (1/6)

PHYWE
excellence in science

Оптическая активность - это способность определенных веществ вращаться в плоскости колебаний линейно поляризованного света. При прохождении линейно поляризованного света через такое вещество компоненты излучения смещаются в фазе за счет взаимодействия веществ, содержащих асимметричные атомы углерода. Этот сдвиг фазы рассматривается как вращение плоскости поляризации.

Удельное вращение оптически активных растворов определяется как угол, на который поворачивается плоскость колебаний натрия-D-света ($\lambda = 589,9$ нм), когда толщина слоя раствора составляет 100 мм, 1 г вещества растворяется в 1 см³ и измерение проводится при температуре 20 °С.

Угол поворота α пропорционален концентрации растворенного вещества c .

Удельное вращение $[\alpha]_D$ может быть определено путем тестирования растворов известной концентрации:

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{c}$$

Теория (2/6)

PHYWE
excellence in science

Если температура измерения ϑ отклонится от $20\text{ }^\circ\text{C}$, то результат можно преобразовать в эту температуру, используя уравнение (2) для лактозы и уравнение (3) для сахарозы:

$$[\alpha]_D^{20} = [\alpha]_D^\vartheta - 0.072 \cdot (20\text{ }^\circ\text{C} - \vartheta)$$

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{[\alpha]_D^\vartheta}{1 - 0.00037(\vartheta - 20\text{ }^\circ\text{C})}$$

В кислой среде сахароза подвергается гидролитическому расщеплению на глюкозу и фруктозу в процессе, катализируемом ионами оксония.

Теория (3/5)

PHYWE
excellence in science

Правовращающая сахароза превращается в правовращающую глюкозу и левовращающую фруктозу:



$$[\alpha]_D^{20} = +66.5^\circ$$

$$[\alpha]_{otD}^{20} = +52^\circ \quad [\alpha]_{otD}^{20} = -92^\circ;$$

инвертный сахар

В целом, эта реакция соответствует реакции псевдо-первого порядка, т.е. скорость реакции зависит только от концентрации сахарозы

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c$$

Скорость реакции определяется как изменение концентрации dc в единицу времени dt .

Теория (4/6)

Скорость реакции уменьшается с концентрацией c . Коэффициент пропорциональности этого соотношения называется постоянной скорости k , которая характерна для конкретной реакции. Интегрирование последнего уравнения приводит к:

$$\ln \frac{c_0}{c} = k \cdot (t - t_0)$$

где c_0 - начальная концентрация в момент времени $t_0 = 0$ и $c(t)$ - концентрация в момент времени t .

Изменение концентрации соответствует изменению угла поворота

$$\ln \frac{c_0}{c} = \ln \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$$

где α_t - угол поворота в момент времени t , α_0 - угол вращения чистого раствора сахарозы и α_∞ - угол поворота после завершения гидролиза.

Теория (5/6)



Принимая во внимание два последних уравнения, следует, что

$$k = \frac{1}{t} \cdot \text{extln} \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$$

k также можно вычислить из наклона $\frac{1}{k}$ прямой, полученной из:

$$t = \frac{1}{k} \cdot \text{extln} \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$$

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Поляриметер, 590 nm	35907-99	1
2	Погружной термостат Alpha A, до 100 °C, 220 В	08493-93	1
3	Насос для термостата Alpha A	08493-02	1
4	Ванна для термостата, 6 л	08487-02	1
5	Магнитная мешалка MR Hei-Standard, с нагревателем, 20 литров, 230 В	35751-93	1
6	Магнитная мешалка, цилиндрическая, 15 мм	46299-01	1
7	Магнитная мешалка, цилиндрическая, 30 мм	46299-02	1
8	Штативный стержень, нерж. ст., l=500 мм, резьба M10.	02022-20	1
9	Подставка для штатива Бунзена, 210x130 мм, h=750 мм	37694-00	1
10	Универсальный зажим с шарниром	37716-00	1
11	Универсальный зажим	37715-01	3
12	Прямоугольный зажим	37697-00	4
13	Чашечки для взвешивания, 500 шт.	45019-50	1
14	Секундомер, цифровой, 24 часа, 1/ 100 с & 1 с	24025-00	1
15	Мерная пипетка, 10 мл	36578-00	7
16	Шаровая пипетка	36592-00	1
17	Лоток для пипеток	36589-00	1
18	Мерная колба, 50 мл, NS12/21	36547-00	2
19	Мерная колба, 500 мл, NS19/26	36551-00	1
20	Воронка, верхний d=50 мм, стекло	34457-00	1
21	Мензурка, высокая, 100 мл	46026-00	10
22	Кристаллизационная чашка, 150 mm	46245-00	1
23	Ложка, спец. сталь	33398-00	1
24	Промывалка, пластмасса, 500 мл	33931-00	1
25	Пипетки Пастера, l=145 мм, 250 шт.	36590-00	1
26	Резиновые наконечники для пипеток, 10 шт.	39275-03	1
27	Резиновые трубки, внутренний d=6 мм	39282-00	2
28	Зажим для трубки, d=8-16 мм	40996-02	3
29	Соляная кислота, 1,0 М, 1000 мл	48454-70	1
30	Д(+)-сахароза, 100 г	30210-10	1
31	Д(+)-лактоза, порошок, 100 г	31577-10	1
32	Вода, дистиллирован., 5 л	31246-81	1
33	Соединительный патрубок, d=6-10 мм	47516-01	2

PHYWE
excellence in science

Подготовка и выполнение работы

Подготовка (1/3)

PHYWE
excellence in science

Соберите установку, как показано на рисунке слева.

Установите штатив (см. рисунок) и поставьте рядом с ним водяную баню так, чтобы зажим (для фиксации трубки поляриметра) был помещен в водяную баню.

Возьмите водяную баню и наполните ее водой до тех пор, пока система нагревания не будет полностью покрыта водой.

Запрограммируйте температуру водяной ванны на 30 ° C.

Подготовка (2/3)

PHYWE
excellence in science

- Приготовьте растворы, необходимые для эксперимента, следующим образом:
- **2 молярный раствор HCl:** Вылейте содержимое ампулы (на 1 л 1 М соляной кислоты) в колбу объемом 500 мл и заполните дистиллированной водой до калибровочной метки.
- **Растворы сахарозы:** Отмерьте 12.000 г сахарозы в колбу объемом 50 мл, растворите в дистиллированной воде и заполните до калибровочной метки дистиллированной водой ($c = 0,24 \text{ г/см}^3$). Перелейте раствор в мензурку объемом 100 мл. Перенесите пипеткой 10 мл раствора во вторую мензурку и добавьте 10 мл воды ($c/2$). Приготовьте растворы с концентрациями $c/4$ и $c/8$, поместив пипеткой по 10 мл каждого из растворов $c/2$ и $c/4$ в два дополнительных стакана и добавив 10 мл воды.
- **Раствор лактозы:** Отмерьте 1.500 г лактозы в колбу объемом 50 мл, растворите ее в дистиллированной воде и залейте дистиллированной водой до калибровочной отметки ($c = 0.030 \text{ г/см}^3$). Приготовьте из них растворы с концентрацией $c/2$, $c/4$ и $c/8$, как для сахарозы.

Подготовка (3/3)

PHYWE
excellence in science

Использование поляриметра

Перед началом измерения поверните ручку шкалы до тех пор, пока не получите равную освещенность поля обзора.

Проверьте нулевое положение шкалы. При необходимости отвинтите четыре соединительных винта в крышке шкалы и поворачивайте корпус до тех пор, пока она не достигнет нулевого положения, в противном случае необходимо добавить или вычесть значение погрешности в фактических показаниях измерения.

Для получения подробных инструкций по эксплуатации поляриметра, пожалуйста, используйте прилагаемое руководство производителя.

Выполнение работы (1/3)

PHYWE
excellence in science

Первая часть эксперимента - Определение α_0 .

Для исследования кинетики инверсии сахарозы нагревают раствор сахарозы с концентрацией $c = 0,24 \text{ г/см.}^3$ и 2-молярный раствор соляной кислоты до 30°C в бане с регулируемой температурой.

Перенесите пипеткой 20 мл теплого раствора сахарозы в стакан объемом 100 мл и добавьте 20 мл дистиллированной воды.

Измерение угла

Заполните кювету поляриметра раствором сахарозы без пузырьков и подвесьте ее в термостатическую ванну.

Прогрейте кювету поляриметра не менее 5 минут.

Выньте кювету из ванны, высушите ее внешнюю поверхность и ровно через 5 минут определите угол поворота α_0 .

Выполнение работы (2/3)

PHYWE
excellence in science

Вторая экспериментальная часть - Определение α_t .

Для исследования кинетики инверсии сахарозы нагрейте раствор сахарозы с концентрацией $c = 0,24 \text{ г/см.}^3$ и 2-молярный раствор соляной кислоты до 30°C в бане с регулируемой температурой.

Перенесите пипеткой 10 мл теплого раствора сахарозы в стакан объемом 100 мл и добавьте 10 мл соляной кислоты.

Запустите секундомер.

Измерение угла

Заполните кювету поляриметра подкисленным раствором сахарозы без пузырьков и поместите ее в термостатическую ванну.

Своевременно извлеките кювету из ванны, просушите ее внешнюю поверхность и ровно через 5 минут определите угол поворота α_t .

Выполнение работы (3/3)

Третья часть эксперимента - Определение (α_∞).

Снова уравнивайте температуру в кювете и каждые 5 минут сохраняйте значение, следуя той же процедуре, что и в первой части. Остановите серию измерений через 50 минут.

Параллельно с этим смешайте 10 мл раствора сахарозы с концентрацией $c = 0,24 \text{ г/см}^3$ и 10 мл 2-х молярного раствора соляной кислоты в стакане объемом 100 мл и нагрейте его до $70 \text{ }^\circ\text{C}$ на магнитной мешалке, используя стакан объемом 600 мл в качестве водяной бани.

Через 10 минут в термостатической ванне температура уравнивается до $30 \text{ }^\circ\text{C}$, а затем измеряется угол поворота (α_∞).

PHYWE
excellence in science



Оценка

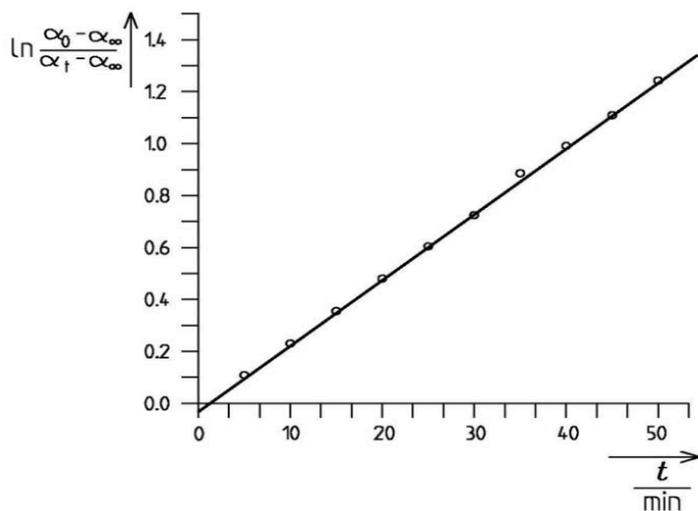
Оценка (1/5)

PHYWE
excellence in science

Определите константу скорости инверсии сахарозы!



Оценка (2/5)

PHYWE
excellence in science

На рисунке показаны экспериментальные значения, полученные для $c_0 = 0.12 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ и 30°C .

$$t = \frac{1}{k} \cdot \ln \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$$

Они приводят к тому, что константа скорости равна $k = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ минут}^{-1}$.

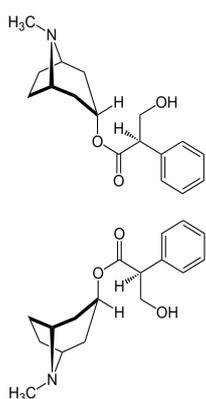
Оценка (3/5)

PHYWE
excellence in science

Назовите все параметры, влияющие на оптическое вращение!

На величину оптического вращения влияет...

Оценка (4/5)

PHYWE
excellence in science

Атропин

Что такое Рацемат?

- Оптически неактивная смесь двух конституционных изомеров.
- Оптически активная смесь двух конституционных изомеров.
- Оптически активная смесь двух оптически неактивных энантиомеров.
- Оптически неактивная смесь двух оптически активных энантиомеров.

 Проверить

Оценка (5/5)

PHYWE
excellence in science

Какие процессы получения поляризованного света Вы знаете?

Слайд

Оценка/Всего

Слайд 23: Что такое Рацемат?

0/1

Общий балл

 Показать решения Вспомнить Экспортный текст