

Вращение плоскости поляризации в растворе сахара



Для света определенного цвета угол поворота зависит от толщины слоя и концентрации раствора сахара. Этот эффект и будет исследован в данном эксперименте.

Физика

Свет и оптика

Волновые свойства света



Уровень сложности

легко



Размер группы

1



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

10 Минут

PHYWE
excellence in science

Информация для учителей

Описание

PHYWE
excellence in science

Вращение плоскости поляризации в растворе сахара

Сахариметр - это устройство, которое используется для определения концентрации раствора сахара. Метод измерения основан на свойстве оптической активности используемых веществ. Линейно поляризованный свет меняет направление поляризации при прохождении через раствор сахара. Таким образом, можно определить концентрацию раствора в зависимости от угла поворота. В частности, можно исследовать кинетику процесса расщепления сахарозы на глюкозу и фруктозу. Ход химической реакции можно наблюдать в зависимости от измеренного угла поворота.

Дополнительная информация для учителей (1/5)

PHYWE
excellence in science

Предварительные знания



Учащиеся должны иметь представление о свойствах поляризации и отражения света.

Принцип



Оптически активные вещества, такие как раствор сахара и кварц, вращают плоскость поляризации проходящего через них света. Оптическая активность обусловлена формой молекул растворенного сахара или структурой кристаллической решетки кварца.

Дополнительная информация для учителей (2/5)

PHYWE
excellence in science

Цель



В ходе эксперимента учащиеся должны изучить явление вращательной дисперсии и ее зависимости от λ , c и d , а также познакомиться устройством и принципом работы сахариметра.

Задачи



Для света определенного цвета угол поворота зависит от толщины слоя и концентрации раствора сахара. Это и будет исследовано в данном эксперименте.

Дополнительная информация для учителей (3/5)

PHYWE
excellence in science

Дополнительная информация

Угол α , на который поворачивается плоскость поляризации света в растворе сахара, зависит от длины волны λ света, концентрации c раствора и толщины слоя d (путь, пройденный светом в растворе).

Это явление называется вращательной дисперсией и используется, например, для определения концентрации оптически активных веществ в растворах. Прибор, с помощью которого можно конкретно определить концентрацию раствора сахара, называется сахариметр.

Существуют оптически активные вещества правовращательные (поворот плоскости поляризации происходит по часовой стрелке) и левовращательные (поворот плоскости поляризации происходит против часовой стрелки).

Дополнительная информация для учителей (4/5)

PHYWE
excellence in science

Примечания по подготовке и выполнению работы

Эксперимент должен проводиться в хорошо затемненной комнате.

Учитель должен заранее приготовить достаточное количество концентрированного раствора сахара - правовращательный - с обычным сахаром и левовращательный - с фруктозой (по 100 мл для каждой группы учащихся).

Высокая концентрация раствора сахара (0,5 г/мл) была выбрана таким образом, чтобы относительные ошибки измерения угла поворота, который может быть считан с точностью не более 1 градуса, не стали слишком большими.

Дополнительная информация для учителей (5/5)

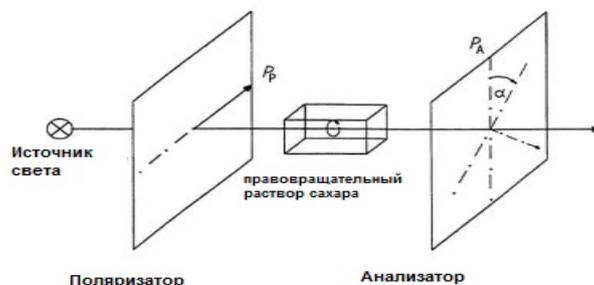
PHYWE
excellence in science

Примечания

Измеренные значения должны рассматриваться как примеры, так как они зависят от типа используемого сахара.

Из-за экономии времени может быть целесообразно, чтобы только самые быстрые группы учеников выполнили последний этап эксперимента с правовращательным раствором сахара. Они могут поделиться своими результатами с другими учениками.

Иллюстрация может быть полезна для объяснения термина "правовращательный".



P_P - Направление поляризации поляризатора

P_A - Направление поляризации анализатора

α - Угол поворота для гашения

Инструкции по технике безопасности

PHYWE
excellence in science

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

PHYWE
excellence in science

Информация для учеников

Мотивация

PHYWE
excellence in science

Этот эксперимент посвящен изучению так называемой модели сахариметра. С помощью данной модели можно определить концентрацию раствора сахара. Это используется, например, в процессе расщепления сахарозы на глюкозу и фруктозу для определения хода химической реакции.



Изображение горки из сахарного песка.

Задание

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Как работает сахариметр?

Постройте модель сахариметра и изучите, как ведет себя сахарный раствор, через который проходит поляризованный свет с разными длинами волн. Также проверьте, зависят ли наблюдаемые явления от толщины слоя и концентрации сахарного раствора и как это происходит.

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Осветитель, галоген, 12В/20 Вт	09801-00	1
2	Нижняя часть светового ящика, со стержнем	09802-20	1
3	Оптическая скамья для лабораторных экспериментов, L = 600 мм	08376-00	1
4	Комплект цветных светофильтров, смесь аддитивных цветов	09807-00	1
5	Диафрагмы, d=1, 2, 3, 5 мм	09815-00	1
6	Линза на скользящей опоре, f=+50 мм	09820-01	1
7	Линза на скользящей опоре, f=+100 мм	09820-02	1
8	Скользкая опора для оптической скамьи	09822-00	2
9	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
10	Столик на ножке	09824-00	1
11	Кювета, двойной полукруг	09810-06	1
12	Экран, белый, 150x150 мм	09826-00	1
13	Поляризующий фильтр, 50 x 50 мм	08613-00	2
14	Держатель для диафрагм	11604-09	2
15	Мензурка, низкая, 250 мл	46054-00	1
16	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1

Дополнительные материалы

PHYWE
excellence in science

Позиция	Материал	Количество
1	D (-) - фруктоза	
2	Линейка	1
3	Впитывающая бумага	

Подготовка (1/2)

PHYWE
excellence in science

- Соберите оптическую скамью из двух штативных стержней и регулируемых частей основания и установите шкалу.



Подготовка (2/3)

PHYWE
excellence in science

- Соберите осветитель как показано на рисунках. Закрепите осветитель в левой части основания штатива так, чтобы сторона объектива была обращена в сторону от оптической скамьи.
- Установите непрозрачный экран перед линзой осветителя. Закрепите экран в правой части основания штатива.



Подготовка (3/3)

PHYWE
excellence in science

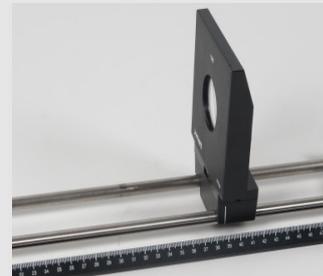


- Вставьте на оптической скамье линзу с $f = +50$ мм непосредственно рядом со светильником.
- Вставьте точечное отверстие и поляризационный фильтр (поляризатор) в держатель диафрагмы и поместите его на рамку линзы с $f = +50$ мм (точечное отверстие обращено к линзе-объективу).

Выполнение работы (1/5)

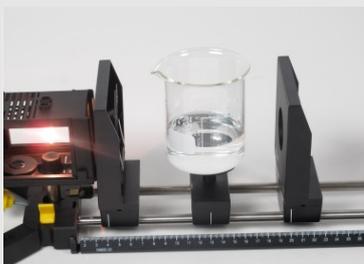
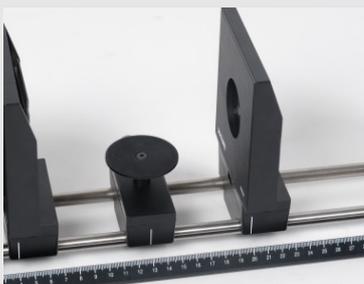
PHYWE
excellence in science

- Подключите лампу к источнику питания (12 В~) и включите источник питания.
- Установите линзу с $f = +100$ мм на расстоянии около 39 см и сфокусируйтесь на отверстии в диафрагме, перемещая линзу.
- Вставьте второй поляризационный фильтр (анализатор) в держатель второй диафрагмы и установите его в рамку со шкалой так, чтобы его линия метки находилась над нулевой меткой на шкале.



Выполнение работы (2/5)

PHYWE
excellence in science



- Установите держатель со шкалой на расстоянии около 20 см; если экран не темный или не полностью темный, поворачивайте поляризатор до тех пор, пока светлое пятно не исчезнет, т.е. фильтры скрестятся.
- Поместите скользящую опору со столиком на расстоянии 13 см; поставьте мензурку со 100 мл концентрированного раствора сахара (50 г сахара в 100 мл раствора, т.е. концентрация $c = 0,5$ г/мл) на столик так, чтобы луч света проходил через раствор сахара по диаметру мензурки, и наблюдайте за экраном.
- Медленно поверните анализатор от 0° до 90° вправо и обратно до 0° , глядя на экран и записывая наблюдения.

Выполнение работы (3/5)

PHYWE
excellence in science

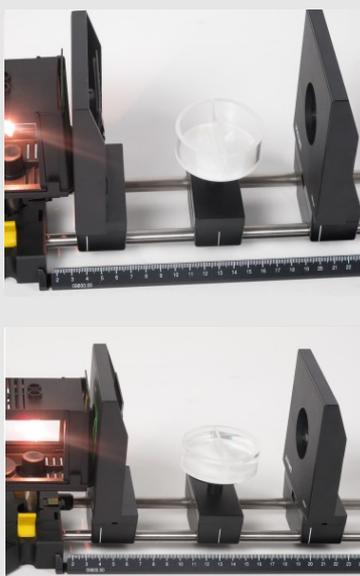


Регулировка красного фильтра

- Вставьте красный фильтр в прорезь корпуса осветителя и поверните анализатор вправо, пока экран не станет темным. Считайте необходимый угол поворота α .
- Замените красный фильтр один за другим на зеленый и синий, измерьте угол поворота, необходимый для гашения в каждом случае.
- **Примечание:** Свет, пропускаемый цветными фильтрами, не является полностью монохромным. Следовательно, на экране невозможно добиться абсолютной темноты. Установите угол поворота для измерений так, чтобы произошло максимально возможное гашение. В частности, при использовании синего фильтра необходимо следить за тем, чтобы он пропускал значительное количество красного цвета; поэтому анализатор следует поворачивать до тех пор, пока световое пятно не станет красным.

Выполнение работы (4/5)

PHYWE
excellence in science



- Вставьте зеленый фильтр и работайте дальше только с зеленым светом.
- Измерьте радиус прозрачной двойной полукруглой кюветы и поместите кювету вместо мензурки на столик так, чтобы ее перегородка была перпендикулярна оптической оси.
- Сначала налейте в одну половину кюветы достаточное количество раствора сахара, чтобы луч света полностью прошел через раствор, и измерьте угол поворота, необходимый для гашения. Запишите радиус (толщина слоя d) и угол поворота α .
- Заполните также вторую половину кюветы раствором сахара (удвоив толщину слоя); измерьте угол поворота и запишите его вместе с толщиной слоя.

Выполнение работы (5/5)

PHYWE
excellence in science

- Измерьте внутренний диаметр мензурки.
- Перелейте раствор сахара из кюветы обратно в мензурку; добавьте 100 мл воды, и таким образом уменьшив концентрацию вдвое; перемешайте раствор, поставьте мензурку на столик, как при первом измерении, измерьте угол поворота.
- Вылейте 100 мл раствора из мензурки и добавьте в нее 100 мл воды, тем самым снизив концентрацию до четверти. Перемешайте раствор и измерьте угол поворота.
- Вылейте из мензурки всю жидкость и наполните ее 100 мл концентрированного раствора фруктозы. Снова определите угол поворота α для зеленого света. Запишите угол поворота и направление вращения.
- Выключите источник питания и очистите используемые устройства.

PHYWE
excellence in science

Протокол

Задание 1

PHYWE
excellence in science

Объясните свои наблюдения.

Вращение плоскости поляризации света, проходящего через раствор сахара, зависит от [] света. При определенном угле поворота анализатора, определенный цвет спектра всегда погашен, а световое пятно на экране появляется в смешанном цвете, [] к погашенному цвету.

Плоскость поляризации красного света повернута [], синего света - [] .

Задание 2

PHYWE
excellence in science

Какая связь между углом поворота α в зависимости от толщины слоя d ?

Какая зависимость между углом поворота α от концентрации c ?

 Существует экспоненциальная зависимость. Существует линейная зависимость. Существует квадратичная зависимость.

Задание 3

PHYWE
excellence in science

Напишите соотношение между α_S , c и d в форме уравнения. Коэффициент пропорциональности называется удельным вращением α_S . Вычислите удельное вращение для зеленого света. Удельное вращение для зеленого света приблизительно равно:

 0° мл / (г см) 123° мл / (г см) 8° мл / (г см) Проверьте

Задание 4

PHYWE
excellence in science

Как устроен сахариметр и для чего его можно использовать?

Сахариметр состоит из источника [] света, [], емкости для исследуемого раствора сахара и анализатора. [] содержит измерительное устройство для считывания [] или концентрации раствора сахара.

Сахариметр можно использовать, например, для проверки содержания сахара во фруктовом соке или вине.

 монохроматического поляризатора угла вращения Анализатор Проверьте

Слайд	Оценка/Всего
Слайд 23: Вращение плоскости поляризации	0/4
Слайд 24: Множественные задачи	0/2
Слайд 25: конкретное вращение	0/1
Слайд 26: Структура сахариметра	0/4

Всего  0/11

 Решения

 Повторите