

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 26.08.2022 10:39:32

Уникальный идентификатор документа:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курский государственный технический университет»

Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-

Проректор по учебной работе

_____ Е.А. Кудряшов

« ____ » _____ 2010 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ САХАРА С ПОМОЩЬЮ САХАРИМЕТРА

Методические указания по выполнению лабораторной работы
№ 69 по оптике для студентов инженерно-технических
специальностей

Курск 2010

УДК 681.787.2

Составители: А.А. Родионов, Л.П. Петрова, В.Н. Бурмистров

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент *В.М. Пауков*

Определение концентрации растворов сахара с помощью сахариметра [Текст]: методические указания по выполнению лабораторной работы по оптике № 69 для студентов инженерно-технических специальностей / Курск. гос. техн. ун-т; сост.: А.А. Родионов, Л.П. Петрова, В.Н. Бурмистров. Курск, 2010. 8 с.: ил. 2, табл. 1. Библиогр.: с.8.

Содержат сведения по изучению вращения плоскости поляризации света в оптически активных веществах.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

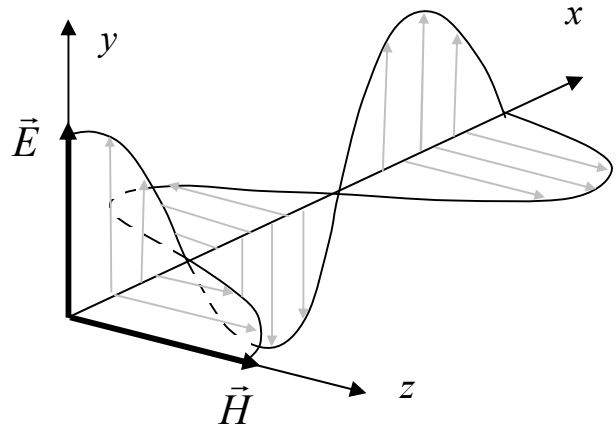
Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.
Курский государственный технический университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: ознакомиться явлением вращения плоскости поляризации света в оптически активных веществах.

Принадлежности: сахариметр, набор трубок с растворами сахара.

Теоретическое введение

Развитие физики показало, что свет представляет собой сложное явление: в одних случаях он ведет себя как электромагнитная волна, в других – как поток особых частиц (фотонов). Если при помощи колеблющихся зарядов возбудить переменное электромагнитное поле, то в окружающем заряды пространстве возникнет последовательность взаимных превращений электрического и магнитного полей, распространяющихся от точки к точке. Этот процесс является периодическим во времени и пространстве, следовательно, представляет собой волну. По Максвеллу эти волны образуются тройкой взаимно перпендикулярных векторов \vec{H} , \vec{E} , \vec{v} , где \vec{H} – определяет направление магнитного поля, \vec{E} – электрического, \vec{v} – скорость распространения волны.



В естественном свете колебания светового вектора происходят хаотически по всем направлениям из-за независимого излучения многими атомами источника света. Если колебания светового вектора каким-либо образом упорядочены, то свет называется поляризованным.

Плоскость, образованная \vec{E} и \vec{v} , называется плоскостью колебаний, а плоскость, составленная \vec{H} и \vec{v} – плоскостью поляризации.

Плоскополяризованный свет можно получить из естественного с помощью приборов, называемых *поляризаторами*. Эти приборы свободно пропускают колебания, параллельные плоскости поляризатора, и полностью или частично задерживают колебания

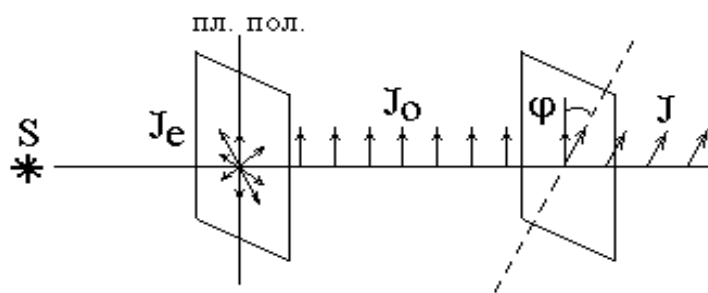
перпендикулярные этой плоскости. Поляризатор, частично задерживающий световые колебания в направлении, перпендикулярном его плоскости, называют несовершенным. Свет на выходе из такого поляризатора будет частично поляризованным. В качестве поляризаторов могут использоваться среды, анизотропные в отношении колебаний вектора \vec{E} , например кристаллы. Из природных кристаллов следует отметить турмалин.

Если вращать идеальный поляризатор на пути частично поляризованного света, то интенсивность прошедшего света изменяется от I_{\min} до I_{\max} . Можно ввести характеристику частично поляризованного света степень поляризации:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}. \quad (1)$$

$P = 1$ если $I_{\min} = 0$ – свет полностью поляризован, $P = 0$ если $I_{\min} = I_{\max}$ – свет естественный. К эллиптически-поляризованному свету понятие степени поляризации не применимо.

Направим естественный свет перпендикулярно пластинке турмалина, вырезанной параллельно оптической оси. Вращая кристалл вокруг направления луча, никаких изменений интенсивности



прошедшего через турмалин света не увидим. Однако, если на пути луча поставить вторую пластинку турмалина и вращать ее вокруг направления луча, то интенсивность,

прошедшего через пластинки света будет меняться в зависимости от угла между оптическими осями кристаллов по закону Малюса:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (2)$$

где I_0 и I – соответственно интенсивности света, падающего на второй кристалл и вышедшего из него.

Результаты опытов с кристаллами турмалина объясняются просто. Первая пластинка пропускает колебания только определенного направления, т.е. преобразует естественный свет в плоско-поляризованный. Вторая же пластинка турмалина в зависимости от

ее ориентации пропускает большую или меньшую часть поляризованного света, которая соответствует компоненте E , параллельной оси второго кристалла.

Пластинка, преобразующая естественный свет в плоскополяризованный, является *поляризатором*. Вторая пластинка, служащая для анализа степени поляризации света, называется *анализатором*. Обе пластинки совершенно одинаковы.

При прохождении естественного света через поляризатор, так как все направления φ равновероятны и среднее значение $\cos^2\varphi = \frac{1}{2}$, интенсивность поляризованного света будет $I = \frac{I_{ест}}{2}$.

Интенсивность света, прошедшего через поляризатор и анализатор, плоскости которых составляют угол φ : $I = \frac{I_{ест}}{2} \cos^2\varphi$.

Есть вещества, способные вызывать вращение плоскости поляризации, проходящего через них плоскополяризованного света. Такие вещества называются оптически активными.

Опыт показывает, что угол поворота плоскости поляризации для кристаллов:

$$\varphi = \alpha l, \quad (3)$$

чистых жидкостей:

$$\varphi = [\alpha] l \rho, \quad (4)$$

оптически активных растворов:

$$\varphi = [\alpha] l C, \quad (5)$$

где l – расстояние пройденное светом в оптически активном веществе, α – постоянная вращения, $[\alpha]$ – удельная постоянная вращения, C – массовая концентрация активного вещества

В зависимости от направления вращения оптически активные вещества делятся на право- и левовращающие. В первом случае плоскость поляризации, если смотреть навстречу лучу, вращается вправо (по часовой стрелке), во втором – влево (против часовой стрелки).

Используя поляризаторы, можно определить угол φ , а зная $[\alpha]$ и l найти концентрацию активного вещества в растворе, что нашло свое применение в сахариметрах.

В сахариметре естественный свет от источника (лампочки), проходя через поляризатор, становится поляризованным. На выходе из сахариметра он попадает на анализатор. В зависимости от ориентации последнего относительно поляризатора в поле зрения окуляра сахариметра будет получаться та, или иная яркость пучка света. Помещая между поляризатором и анализатором кювету с раствором, мы меняем яркость этого пучка за счет того, что плоскость поляризации в веществе (кювете) поворачивается. Добиваясь вращением винта (под окулярной трубкой сахариметра) такой же картины, как и без кюветы с раствором (равенство окраски обеих половин поля зрения), по окулярной шкале с нониусом (вверху) делаем отсчет угла φ . Для этого напротив «0» нониуса находим по нижней (отсчетной) шкале φ : десятые доли градуса отсчитываем по шкале нониуса там, где верхние и нижние деления совмещаются.

Порядок выполнения работы:

1. Установить сахариметр так, чтобы наблюдатель был спиной к окну.
2. Включить вилку прибора в сеть 220В. Тумблером включить осветительный узел.
3. Произвести установку сахариметра на «нуль», добившись четкого изображения отсчетной шкалы (верхняя трубка) и настроить на резкое изображение вертикальной линии, разделяющей поле зрения на две половинки (нижняя трубка).
4. Вращением винта под нижней трубкой добиться однородной картины по освещенности (и цвету) обеих половин поля зрения.
5. Определить угол φ_0 по отсчетной шкале верхней трубки сахариметра, повторив опыт не менее трех раз. Найти «нуль» сахариметра:
$$\langle \varphi_0 \rangle = \frac{\varphi_{01} + \varphi_{02} + \varphi_{03}}{3}.$$
6. Снять со стенда значения l , φ_x . Занести их в таблицу.
7. Помещая в сахариметр последовательно все растворы, найти среднее значение угла $\langle \varphi_x \rangle$ из трех опытов. Для каждого рас-

твора рассчитать $\langle \Delta\varphi_x \rangle$.

8. Средние значения $\langle c_x \rangle$ рассчитать по формуле:

$$\langle c_x \rangle = \frac{l_3 \langle \varphi_x \rangle c_3}{\varphi_3 l}$$

9. Вычислить относительную погрешность $\varepsilon = \frac{\langle \Delta c_x \rangle}{\langle c_x \rangle}$ для всех из-

вестных растворов по формуле, принимая:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_3}{l_3} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta c_3}{c_3} + \frac{\langle \Delta\varphi_x \rangle}{\langle \varphi_x \rangle} + \frac{\Delta\varphi_3}{\varphi_3}, \text{ где}$$

$$\Delta l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \Delta l_3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \Delta c_3 = 0,5\%, \Delta\varphi_3 = 0,1^\circ.$$

10. Рассчитать для каждого раствора $\langle \Delta c_x \rangle$. Заполнить таблицу:

Таблица 1.

№№ n/n	Растворы	$l, \text{ м}$	$\langle \varphi_x \rangle$	$\langle \varphi_3 \rangle$	$\langle \Delta\varphi_x \rangle$	$\langle \Delta\varphi_3 \rangle$	$\langle c_x \rangle$ %	$\langle \Delta c_x \rangle$ %	ε %
1 2 3	Эталон								
1 2 3	1 раствор								
1 2 3	2 раствор								
1 2 3	3 раствор								
1 2 3	4 раствор								

11. Построить график зависимости $\langle \varphi_x \rangle$ от $\langle c_x \rangle$.

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой свет согласно квантовой и электромагнитной теории?
2. Естественный и поляризованный свет. Плоскость поляризации и плоскость колебаний.
3. Сущность явления поляризации. Методы получения поляризованного света. Призма Николя. Поляризатор и анализатор.
4. Назначение, устройство и принцип действия сахариметра.
5. Оптически активные вещества. Право- и левовращение вещества.
6. Физический смысл удельного вращения. Какие факторы влияют на его величину?
7. Что необходимо знать для определения удельного вращения неизвестной концентрации растворов?
8. Физическая сущность явления вращения плоскости поляризации в оптически активном веществе.

Библиографический список:

1. **Трофимова Т. И.** Курс общей физики [Текст]: учеб. пособие / М.: Высш. шк., 1990.
2. **Савельев И. В.** Курс общей физики т.2 [Текст]: учеб. пособие / И. В. Савельев; М.: Наука, 1989.
3. **Зисман Г. А., Тодес С. Ф.** Курс общей физики т.3 [Текст]: учеб. пособие / Г. А.Зисман, С. Ф. Тодес; М.: Наука, 1972.
4. **Ландсберг Г. С.** Оптика [Текст]: учеб. пособие / Г. С. Ландсберг; М.: Наука, 1976.