



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Физика»

Практикум

Лабораторная работа № 08
«Определение удельного вращения
и концентрации раствора сахара
с помощью сахариметра»
по дисциплине

«Физика»

Авторы
Егорова С. И., Жданова Т. П., Кудря А. П.,
Лемешко Г. Ф.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

Методические указания содержат краткое описание процесса распространения плоскополяризованного света в оптически активных веществах. Предназначены для студентов инженерных специальностей всех форм обучения, в программу учебного курса которых входит выполнение лабораторных работ по физике (раздел <<Оптика>>).

Авторы

д.т.н., профессор
Егорова С.И.,
к.ф.-м.н., доцент
Жданова Т.П.,
ст. преподаватель
Кудря А.П.,
к.ф.-м.н., профессор
Лемешко Г.Ф.



Оглавление

Теоретическая часть	4
Устройство сахариметра и методика измерений	8
Порядок выполнения работы	9
Задание1. Определение удельного вращения раствора сахара	9
Задание2. Определение концентрации раствора сахара.	11
Контрольные вопросы	12
Рекомендуемая литература	12

Цель работы: 1) определение удельного вращения раствора сахара с помощью сахариметра;

2) определение концентрации растворов сахара.

Оборудование: сахариметр, набор трубок с растворами сахара разной концентрации.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Свет – это электромагнитные волны длины которых лежат в пределах от 400 до 700 нм. Электромагнитные волны поперечны: векторы напряженностей электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей волны взаимно перпендикулярны и колеблются синфазно перпендикулярно вектору скорости \vec{v} (\vec{c}) распространения волны (перпендикулярно лучу). Эмпирически установлено, что физиологические, фотоэлектрические и другие действия света вызываются колебаниями вектора напряженности электрического поля \vec{E} , который называется в оптике **световым вектором**.

Свет, который можно представить как совокупность световых векторов \vec{E} , равновероятно ориентированных по всем направлениям, перпендикулярным скорости распространения луча, называется **естественным**.

Свет, в котором направления колебаний светового вектора каким-либо образом упорядочены, называется **поляризованным**.

Свет, в котором вектор \vec{E} колеблется только в одной плоскости, перпендикулярной лучу, называется **плоскополяризованным**.

Плоскость, в которой колеблется световой вектор \vec{E} , называется **плоскостью колебаний** или **плоскостью поляризации** (рис. 1).

Плоскополяризованный свет можно получить из естественного с помощью приборов, называемых **поляризаторами**.

Устройство, позволяющее анализировать свет, вышедший из поляризатора, называется **анализатором**.

Поляризатор и анализатор взаимозаменяемы. В качестве поляризатора и анализатора могут быть использованы поляроидные пленки, призмы Николя (николи) или другие устройства.

Плоскость, проходящая через поляризатор (анализатор) и в которой колеблется световой вектор \vec{E} , называется **плоскостью поляризатора** или **главным сечением поляризатора** (анализатора).

Если на скрещенные под некоторым углом α поляризатор и анализатор направить естественный свет, то из анализатора выходит доля света, согласно **закону Малюса**, пропорциональная квадрату косинуса угла между главными сечениями поляризатора и анализатора (см. рис. 1):

$$J = J_0 \cos^2 \alpha, \quad (1)$$

где $J_0 = \frac{J_{\text{ест.}}}{2}$ - интенсивность поляризованного света, вышедшего из поляризатора, $J_{\text{ест.}}$ - интенсивность естественного света; J - интенсивность поляризованного света, вышедшего из анализатора (рис. 1).

Из закона Малюса следует, что если $\alpha = 90^\circ$, то $J = 0$, т.е. поляризатор и анализатор скрещены под прямым углом или «поставлены на темноту», а если $\alpha = 0^\circ$, то $J = J_0$ - поляризатор и анализатор параллельны или «поставлены на свет». Таким образом:

$$0 \leq \cos^2 \alpha \leq 1, \quad \text{а} \quad 0 \leq J \leq J_0.$$

Оптически активными называются вещества, способные поворачивать плоскость поляризации света при прохождении его через такие вещества, как камфора, никотин, сахар, кварц и другие, имеющие асимметричное строение молекул.

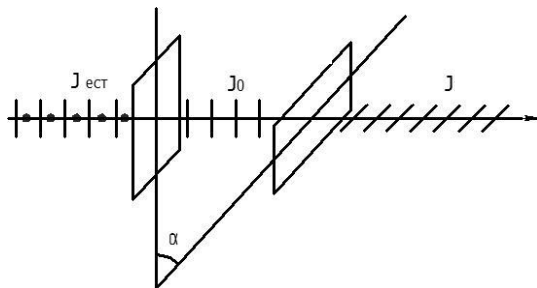


Рис. 1

Вращение плоскости поляризации было объяснено Френелем. Он предложил вектор \vec{E} плоско поляризованного света рассматривать как совокупность двух векторов \vec{E}_1 и \vec{E}_2 с левым и правым вращением. В обычных средах угловая скорость вращения векторов \vec{E}_1 и \vec{E}_2 одинакова, так что суммарный вектор \vec{E} в любой момент времени лежит в одной и той же плоскости (рис. 2).

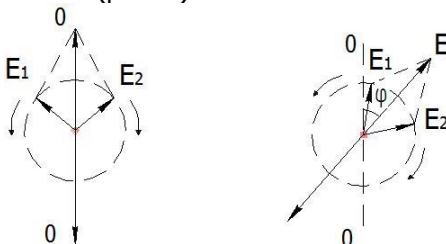


Рис. 2

В оптически активных веществах, благодаря особенности их структуры, угловые скорости вращения векторов \vec{E}_1 и \vec{E}_2 становятся разными, и по мере прохождения луча в оптически активной среде, вектор \vec{E} будет отклоняться от начального положения на угол

$$\varphi = \alpha \cdot l \cdot C, \quad (2)$$

где α - удельное вращение раствора, зависящее от природы оптически активного вещества и растворителя, длины волны света и температуры; l - длина хода луча в веществе; C - концентрация раствора оптически активного вещества.

Выражение (2) используется в двух случаях.

1. По известным $C_{эм}$, $l_{эм}$ и $\varphi_{эм}$ определяют удельное вра-

Физика

щение раствора:

$$\alpha = \frac{\varphi_{эм}}{C_{эм} \cdot l_{эм}} \quad (3)$$

2. По известным α , l , φ определяют концентрацию раствора оптически активного вещества:

$$C = \frac{\varphi}{\alpha \cdot l} \quad (4)$$

Между скрещенными под некоторым углом поляризатором и анализатором (николями) помещают трубку с раствором оптически активного вещества (сахара).

Поле зрения между николями, «поставленными на темноту», просветляется. Чтобы добиться полного гашения света, нужно анализатор повернуть вокруг луча на угол φ , равный углу вращения плоскости поляризации. Когда поле зрения окуляра равномерно затемнено рис. 3в (или рис. 4в), измеряем угол φ по шкале 3г (или рис. 4г).

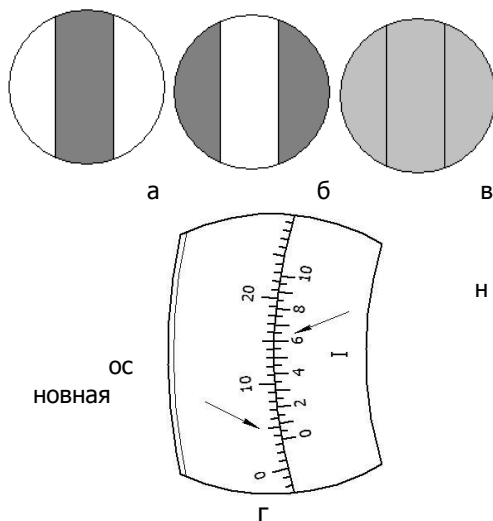


Рис. 3

длины волны. После поляризатора 5 линейно поляризованный свет проходит через кювету с раствором 7, анализатор 8 и окуляр 4. Благодаря кварцевой пластине 6 поле зрения окуляра разделено на три или две части (рис. 3, 4) в зависимости от конструктивных особенностей сахариметра. Четкое изображение поля зрения достигается перемещением окуляра вдоль оптической оси. Поле зрения между поляризатором и анализатором, изначально поставленных на «темноту» (рис. 3в или 4в), просветляется (рис. 3а, б или 4а, б). Для получения начального изображения поля зрения (рис. 3в или 4в) необходимо анализатор повернуть вокруг луча на угол φ , равный углу вращения плоскости поляризации. Численное значение угла φ измеряют по отсчетной шкале (рис. 3г или 4г), механически связанной с анализатором. Так, например, по шкале рис. 3г показаниям соответствует значение угла $3,60^{\circ}$, а по шкале 4г – $11,75^{\circ}$. Приборная погрешность шкалы 3г и 4г $\Delta\varphi = 0,05^{\circ}$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание 1. Определение удельного вращения раствора сахара

1. Занести в таблицу значения известных концентраций C_1, C_2, C_3 и их длины l_1, l_2, l_3 .
2. Пустую камеру сахариметра закрыть шторкой и включить осветительную лампу.
3. Совместить «ноль» на шкале и «ноль» нониуса.
4. Наблюдая в окуляр, перемещением его вдоль оптической оси добиться резкого изображения (рис. 3 а, б или 4 а, б).
5. Вращением анализатора вокруг оптической оси, добиться четкого, равномерного затемнения полей (рис 3в или 4в) – не должно быть резкого выделения какой-то стороны.
6. Произвести отсчет угла φ_0 по нониусу (рис 3г или 4г).
7. Трижды повторив пункты 2-6, определить среднее значение $\langle\varphi_0\rangle$, которое принимается за начало отсчета.
8. Поместить в камеру сахариметра трубку с раствором саха-

- ра известной концентрации C_1 .
- Повторить пункты 3 - 5.
 - Произвести отсчёт угла φ'_1 по нониусу (рис 3г или 4г). Занести в таблицу.
 - Повторить пункты 3-5 для других трубок с известной концентрацией (C_2, C_3). Занести в таблицу углы φ'_2, φ'_3 .
 - Определить углы вращения плоскости поляризации по формуле: $\varphi_i = \varphi'_i - \langle \varphi_0 \rangle$. Занести в таблицу.

Далее возможны 2 способа нахождения α (по заданию преподавателя).

Первый способ (аналитический)

- По формуле (3) рассчитать удельное вращение α для известных концентраций C_1, C_2, C_3 .
- Найти среднее значение $\langle \alpha \rangle$.
- Вычислить абсолютные погрешности для каждого измерения $\Delta\alpha$ и среднюю абсолютную погрешность $\langle \Delta\alpha \rangle$.
- Найти относительную погрешность по формуле:

$$\delta\alpha = \frac{\langle \Delta\alpha \rangle}{\langle \alpha \rangle} 100\%.$$

- Записать ответ в виде $\alpha = \langle \alpha \rangle \pm \langle \Delta\alpha \rangle$.

Второй способ (графический) - возможен только в том случае, когда длины трубок одинаковы.

- Построить график зависимости $\varphi = f(C)$ для растворов известной концентрации.
- По тангенсу угла наклона (β) интерполирующей прямой определить среднее значение удельного вращения:

$$\langle \alpha \rangle = \frac{\Delta\varphi / \Delta C}{l} = \frac{\text{tg}\beta}{l}.$$

- Вычислить относительную и абсолютную погрешности для концентрации C_1 по формулам:

$$\delta\alpha = \frac{\Delta\varphi}{\langle \varphi_1 \rangle} + \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta C_{эм}}{C_1},$$

где $\Delta\varphi = 0,05^\circ$, $\Delta l = 0,05 \text{ мм}$,

$\Delta C_{эм} = 0,5\%$ - приборные погрешности.

$$\Delta\alpha = \langle\alpha\rangle \cdot \delta\alpha.$$

4. Записать ответ в виде $\alpha = \langle\alpha\rangle \pm \Delta\alpha$.

Таблица 1

N п/п	$C_{эм}$	$l_{эм}$	φ_0	$\varphi'_{эм}$	$\varphi_{эм}$	α	$\Delta\alpha$	$\delta\alpha$
[]	%	мм	град	град	град	$\frac{\text{град}}{\% \cdot \text{мм}}$	$\frac{\text{град}}{\% \cdot \text{мм}}$	%
1								X
2								
3								
Средние значения								

Задание 2. Определение концентрации раствора сахара.

1. Занести в таблицу 2 длину трубки неизвестной концентрации l_x , среднее значение $\langle\varphi_0\rangle$ и среднее значение $\langle\alpha\rangle$ из таблицы 1.
2. Поместить в камеру сахариметра трубку с раствором сахара неизвестной концентрации C_x и повторить пункты 8-10 задания 1.
3. Вычислить концентрацию C_x по формуле

$$C_x = \frac{\varphi_x}{\langle\alpha\rangle \cdot l_x}.$$

4. Вычислить относительную δC_x и абсолютную ΔC_x погрешности по формулам:

$$\delta C_x = \frac{\Delta\varphi}{\varphi_x} + \frac{\Delta l}{l_x} + \delta\alpha,$$

где $\Delta\varphi = 0,05^0$ и $\Delta l = 0,05 \text{ мм}$ - приборные погрешности, $\delta\alpha$ - берётся из таблицы 1.

$$\Delta C_x = C_x \cdot \delta C_x.$$

5. Записать ответ в виде $C_x = \langle C_x \rangle \pm \Delta C_x$.

Таблица 2

N п/п	l_x	$\langle \alpha \rangle$	$\langle \varphi_0 \rangle$	φ'_x	φ_x	C_x	δC_x	ΔC_x
[]	мм	$\frac{\text{град}}{\% \cdot \text{мм}}$	град	град	град	%	%	%

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит отличие поляризованного света от естественного?
2. Что называется световым вектором?
3. Что называется плоскостью колебаний? плоскостью поляризации?
4. Что называется поляризатором? анализатором?
5. Какие вещества называются оптически активными?
6. Как объясняется вращение плоскости поляризации оптически активными веществами?
7. Сформулируйте закон Малюса.
8. От каких факторов зависит удельное вращение?
9. В чем заключается методика измерений?
10. Сформулируйте закон Брюстера.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т. И. Курс физики.- М.: Высш. шк., 2004
2. Федосеев В. Б. Физика,- Ростов н/Д: Феникс, 2009