

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d088

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра общей и прикладной физики



## ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА МАЛЮСА

Методические указания к выполнению  
лабораторной работы №67  
по разделу «Оптика. Атомная и ядерная физика»  
для студентов инженерно-технических специальностей



УДК 535

Составители: Л.П. Петрова, Л.И. Рослякова

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор *Н.М. Игнатенко*

**Изучение закона Малюса:** методические указания по выполнению лабораторной работы № 67 по разделу: «Оптика. Атомная и ядерная физика» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.П. Петрова, Л.И. Рослякова. - Курск, 2015. - 7с.: ил. 3, табл. 1. - Библиогр.: с.7.

Содержат сведения по явлению поляризации света. Позволяют на практике изучить закон Малюса.

Методические указания соответствуют требованиям Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС), Федерального компонента цикла общих математических и естественнонаучным дисциплин, а также рабочим учебным планам и рабочим программам по курсам разделов общей физики всех технических специальностей (направлений) подготовки ЮЗГУ.

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.

Юго-западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Лабораторная работа № 67

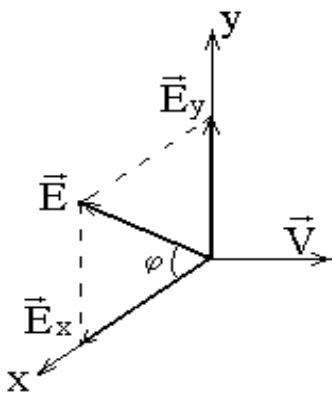
**Изучение закона Малюса**

**Цель работы:** изучить закон Малюса, ознакомиться с понятиями естественный и поляризованный свет, поляризатор и анализатор.

**Приборы и принадлежности:** оптическая скамья с осветителем, два поляроида, фотоэлемент, микроамперметр.

**Краткая теория**

Естественный свет представляет собой совокупность огромного числа элементарных электромагнитных волн (цугов), испускаемых отдельными атомами. Плоскость колебаний каждого цуга ориентирована случайным образом, поэтому в естественном свете с равной вероятностью представлены колебания различных направлений, быстро и беспорядочно сменяющих друг друга. Если колебания светового вектора  $\vec{E}$  каким-либо образом упорядочены, то свет называется поляризованным.



Пусть два взаимно перпендикулярных электрических колебания совершаются вдоль осей  $X, Y$  и имеют разность фаз  $\delta$

$$E_x = A_1 \cos \omega t,$$

$$E_y = A_2 \cos(\omega t + \delta).$$

Результирующая напряженность:

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y$$

Угол между  $\vec{E}$  и  $\vec{E}_x$  определяется:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_y}{E_x} = \frac{A_2 \cos(\omega t + \delta)}{A_1 \cos \omega t}. \quad (1)$$

Если разность фаз  $\delta$  хаотически изменяется, то и направление светового вектора  $\vec{E}$  будет испытывать неупорядоченные скачкообразные изменения. Поэтому естественный свет представляют как наложение двух некогерентных электромагнитных волн, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющих одинаковую интенсивность.

Если колебания когерентны  $\delta = 0$  или  $\pi$ , то

$$\operatorname{tg}\varphi = \pm \frac{A_2}{A_1} = \operatorname{const} - \text{свет плоскополяризованный.}$$

Если  $A_2 = A_1$ ,  $\delta = \pm \frac{\pi}{2}$ , то  $\operatorname{tg}\varphi = \mp \operatorname{tg}\omega t$  – плоскость колебаний поворачивается с угловой скоростью  $\omega$ . Свет поляризован по кругу.

Если  $\delta$  – произвольная постоянная, свет эллиптически поляризован. Конец вектора  $\vec{E}$  движется по эллипсу. Плоскость, в которой колеблется  $\vec{E}$ , называется плоскостью колебаний. Перпендикулярная ей плоскость – плоскостью поляризации.

Плоскополяризованный свет можно получить из естественно-го 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. Направление колебаний электрического вектора в волне, прошедшей через поляризатор, называется *разрешенным направлением поляризатора*. 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:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}. \quad (2)$$

$P = 1$  если  $I_{\min} = 0$  – свет полностью поляризован.

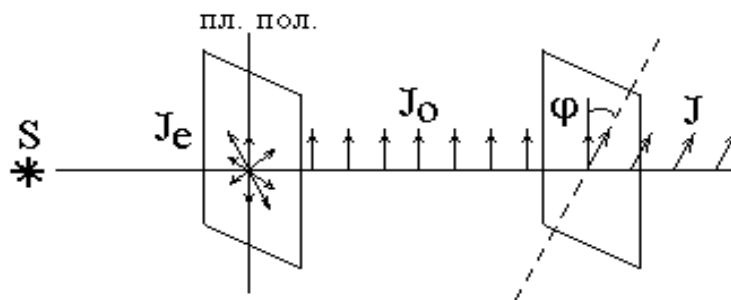
$P = 0$  если  $I_{\min} = I_{\max}$  – свет естественный. К эллиптически-поляризованному свету понятие степени поляризации не применимо.

Направим естественный свет перпендикулярно пластинке турмалина, вырезанной параллельно оптической оси. Вращая кри-

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

$$I = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (3)$$

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 поляризованный. Вторая же пластинка в зависимости от ее ориентации пропускает большую или меньшую часть поляризованного света, которая соответствует компоненте  $E$ , параллельной оси второго кристалла.

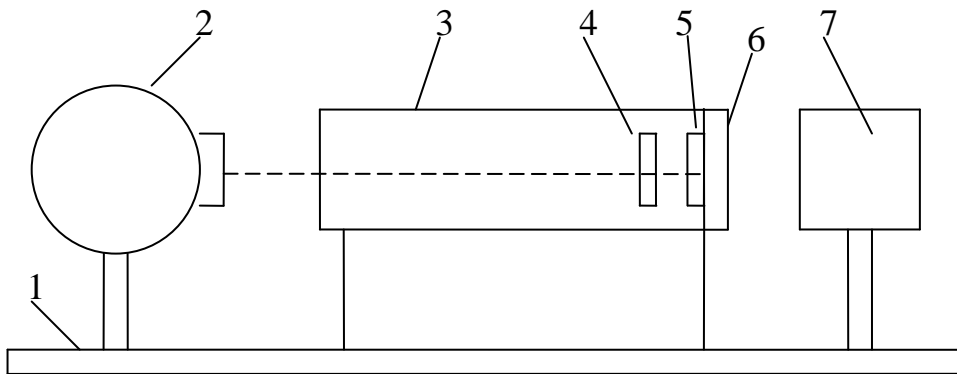
Пластинка, преобразующая естественный свет в поляризованный, является *поляризатором*. Вторая пластинка, служащая для анализа степени поляризации света, называется *анализатором*. Обе пластинки совершенно одинаковы.

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

Интенсивность света, прошедшего через поляризатор и анализатор:  $I = \frac{I_e}{2} \cos^2 \varphi$ .

### Экспериментальная установка

1. Установка для изучения закона Малюса представляет оптическую скамью (1), на которой укреплен осветитель (2) с матовым стеклом. Камера (3) с поляризатором (4), анализатором (5) и фотоэлементом. Ток от фотоэлемента подаётся на микроамперметр (7). Анализатор можно поворачивать вокруг горизонтальной оси. Угол поворота анализатора отсчитывается по шкале (6).



### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с установкой.
2. Включить осветитель в сеть 220 В.
3. Открыть крышку фотоэлемента.
4. Устанавливая по шкале различные углы ориентации анализатора (от 0 до 360° через 20°), следить за изменением силы фототока по микроамперметру.
5. Данные измерений угла  $\alpha$ , тока  $i$ ,  $\cos^2\alpha$  и  $i/i_0$  занести в таблицу.

Таблица 1.

$\alpha$	0	20	40	60	80	100	...		360
$i, \text{мкА}$									
$\cos^2\alpha$									
$i/i_0$									

6. Построить график зависимости  $f(\alpha) = i/i_0$  в полярных координатах. Для этого на каждом луче, проведенном из центра под углом  $\alpha$  в выбранном масштабе, откладывают значения величин

$i/i_0$ , соответствующих этому углу, здесь  $i_0$  – максимальное значение силы тока. Точки соединяют плавной кривой.

7. На том же графике строят теоретическую зависимость  $f(\alpha) = \cos^2 \alpha$ .

### **Контрольные вопросы:**

1. Какой свет называется естественным? поляризованным? свет. Что такое степень поляризации?
2. Какие существуют виды поляризации?
3. Расскажите о способах получения поляризованного света.
4. В чем заключается явление двойного лучепреломления?
5. Изложите закон Малюса.
6. Что такое искусственная оптическая анизотропия?
7. Расскажите о применениях поляризованного света.

### **Библиографический список:**

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие. -М.: Академия, 2015. - 560 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т.4. Оптика: учебное пособие для физических специальностей вузов / Д.В. Сивухин. – 3-е изд., стер. – М.: Физматлит, 2013. – 792 с.