

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра «ФИЗИКА»

Виртуальный практикум

Лабораторная работа № 7-В

ПРОВЕРКА ЗАКОНА МАЛЮСА

Авторы
Жданова Т.П.
Кудря А.П.
Лемешко Г.Ф.
Чернышев А.Э.

Ростов-на-Дону, 2022

ФИЗИКА

Аннотация

Работа посвящена изучению поляризации света. В частности, проведено исследование по проверке закона Малюса.

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов всех форм обучения, изучающих физику, при подготовке и проведении учебного виртуального эксперимента, особенно при дистанционном обучении.

АВТОРЫ

к. ф.-м. н., доцент кафедры «Физика»

Жданова Т. П.

ст. преподаватель кафедры «Физика»

Кудря А. П.

к. ф.-м. н., доцент кафедры «Физика»

Лемешко Г. Ф.

студент группы УНЭ-22

Чернышев А. Э.

Оглавление

Краткая теория.....	4
Описание установки.....	6
Выполнение работы.....	6
Контрольные вопросы.....	8
Список литературы.....	8

Цель работы: проверка закона Малюса

Оборудование: персональный компьютер с программным обеспечением.

Краткая теория

Согласно теории Максвелла, *свет* – это поперечная электромагнитная волна. Направления колебаний векторов напряженности электрического поля \vec{E} и напряженности магнитного поля \vec{H} взаимно перпендикулярны и колеблются перпендикулярно скорости распространения волны вдоль общей прямой \vec{r} , называемой световым лучом (рис. 1). Для описания закономерностей достаточно знать поведение одного из векторов. Обычно это вектор \vec{E} , который называется *световым вектором*. (При действии света на вещество основное влияние оказывает электрическая составляющая).

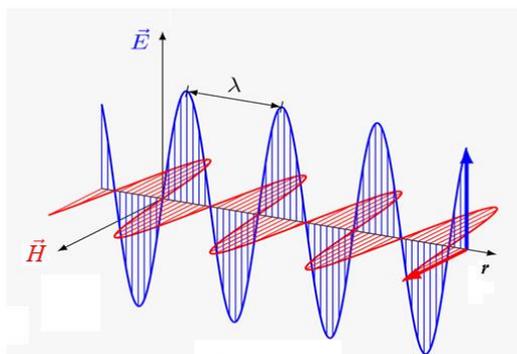


Рис.1

Свет, у которого колебания вектора \vec{E} (и вектора \vec{H}) равновероятны по всем направлениям, называется *естественным*.

Свет, у которого колебания вектора \vec{E} каким-либо образом упорядочены, называется *поляризованным*. Если колебания происходят в одной плоскости, то это *плоскополяризованный* свет. Плоскость, в которой колеблется вектор \vec{E} , называется *плоскостью поляризации*.

Приборы, преобразующие естественный свет в поляризованный, называются *поляризаторы*.

Свет, в котором колебания вектора \vec{E} одного направления преобладают над колебаниями других направлений, называется *частично поляризованным*. Для его характеристики используется *степень поляризации*:

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

Закон Малюса

Пусть на поляризатор падает естественный свет с амплитудой вектора \vec{E} . Из поляризатора выходит плоскополяризованный свет с амплитудой светового вектора \vec{E}_0 , которую можно разложить на две составляющие: $E_{\perp} = E_0 \sin \varphi$ и $E_{\parallel} = E_0 \cos \varphi$, где φ - угол поляризации. (Рис.2).

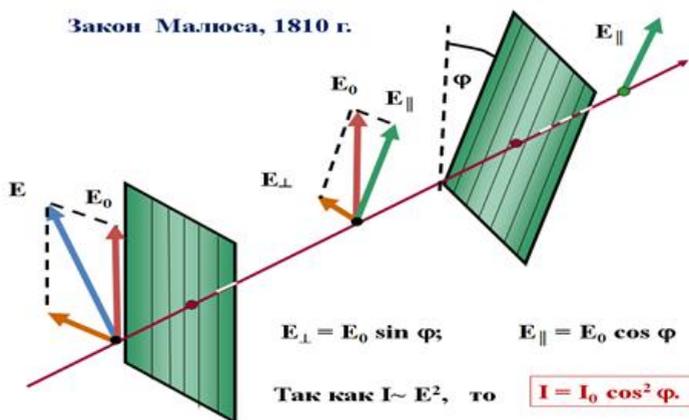


Рис.2

После прохождения через второй поляризатор составляющая E_{\perp} будет полностью погашена, следовательно на выходе останется $E = E_{\parallel} = E_0 \cos \varphi$. Интенсивность света пропорциональна среднему квадрату напряженности, т.е. $I \propto E^2$. Поэтому получаем закон Малюса:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

где I_0 - интенсивность поляризованного света, падающего на второй поляризатор, I - интенсивность поляризованного света, вышедшего из поляризатора, φ - угол между главными плоскостями поляризаторов. Следовательно, интенсивность прошедшего света изменяется от минимума при $\varphi = \pi / 2$ до максимума при $\varphi = 0$.

В естественном свете все направления колебаний вектора \vec{E} равновероятны, следовательно среднее значение $\langle \cos^2 \varphi \rangle = 1/2$. Поэтому, если на поляризатор падает естественный свет, то интенсивность света, вышедшего из поляризатора, будет равна

ФИЗИКА

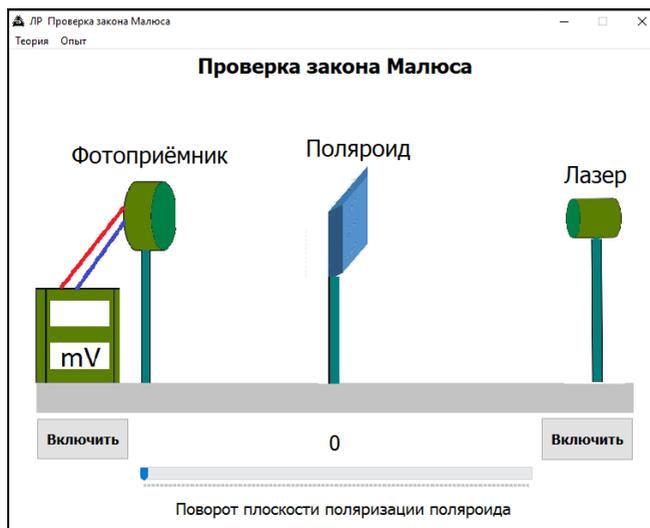
$$I_0 = \frac{I_{ест.}}{2}.$$

Таким образом, интенсивность света, прошедшего через два поляризатора, определяется выражением

$$I = \frac{I_{ест.}}{2} \cos^2 \varphi.$$

Описание установки

Лазер генерирует плоскополяризованный монохроматический свет, который проходит через поляризатор, попадает на фотоприёмник. Вращение плоскости поляризации поляриоида осуществляется регулятором, расположенном в нижней части панели



Фотоны, проходя поляризатор, вызывают в фотоприёмнике фотоэдс, которая регистрируется милливольтметром. Показания милливольтметра пропорциональны интенсивности света, падающего на фотоприёмник ($U \approx I$).

ФИЗИКА

Выполнение работы

1. Передвигая регулятор, расположенный в нижней части панели, изменять угол поляризации φ от 0° до 180° через 10° , записать значения милливольтметра в таблицу.
2. Построить график $U = f(\cos^2 \varphi)$ для углов φ от 0° до 90° .
3. Сделать вывод.

$\varphi, \text{град}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\cos^2 \varphi$	1,0	0,97	0,88	0,75	0,59	0,41	0,25	0,12	0,03	0
$U, \text{мВ}$										
I / I_{\max}										

$\varphi, \text{град}$	100	110	120	130	140	150	160	170	180
$\cos^2 \varphi$	0,03	0,12	0,25	0,41	0,59	0,75	0,88	0,97	1,0
$U, \text{мВ}$									
I / I_{\max}									

4. Выбрать максимальное значение напряжения и отнормировать на него все остальные данные. Поскольку $U \approx I$, можно записать, что $U / U_{\max} = I / I_{\max}$. Заполнить последнюю строку таблицы.

5. По полученным данным построить индикатрису распределения интенсивности света в зависимости от угла поворота φ для углов φ от 0° до 180° через 10° , откладывая по радиусам соответствующие этим углам значения нормированной интенсивности света, взятые в определённом масштабе, т.е. построить график $I / I_{\max} = f(\varphi)$ в полярных координатах (Примечание 1).

6. Рассчитать степень поляризации по формуле (1).

7. Сделать выводы по проделанной работе.

Примечание 1

Примерный вид графиков для углов от 0° до 90° показан на рис.3. Радиальные направления на графике соответствуют значениям угла φ , а откладываемые на них отрезки – значениям относительной интенсивности в выбранном определённом масштабе.

ФИЗИКА

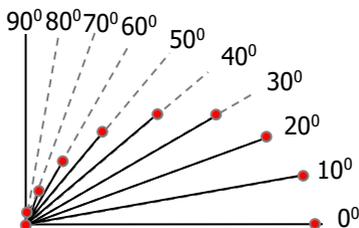


рис.3

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой свет согласно волновой теории?
2. Изобразите графически световую волну, запишите уравнение для светового вектора и поясните значения всех входящих в него величин.
3. Продольной или поперечной является световая волна? Дайте обоснование своему ответу.
4. Какой свет называют естественным? Изобразите его графически.
5. Какой свет называют плоскополяризованным? Изобразите его графически.
6. Как можно из естественного света получить поляризованный?
7. Какую плоскость называют плоскостью поляризации?
8. Что представляет собой поляроид?
9. Запишите и сформулируйте закон Малюса и поясните его рисунком.

Список литературы

1. Савельев И.В. Курс физики. Т 2. М.: Наука. 2008. §§44,50.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа. 2010. §§116,131.