

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Московский энергетический институт  
(технический университет)»  
в г. Волжском

Кафедра Механики и материаловедения

**В. П. Мельников**

## **ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы №3 по курсу «Физика»

Рецензент:

*И. М. Петухов*, кандидат технических наук, доцент кафедры ТЭС

**Мельников В. П.**

**Изучение поляризованного света.** Методические указания к выполнению лабораторной работы №3 по курсу «Физика». – Волжский: Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2004.

При выполнении лабораторной работы студенты знакомятся со способами получения поляризованного света. Изучают законы и свойства поляризованного света с использованием графических построений.

Работа предназначена для студентов 2 курса дневной и вечерней форм обучения всех специальностей.

УДК 532  
Л 125

© В. П. Мельников, 2004  
© Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)»  
в г. Волжском, 2004

## 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с основными свойствами поляризованного света. Проверка закона Малюса.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Электромагнитная теория света приводит к выводу, что световые волны поперечны. В такой волне векторы напряженности электрического и магнитного полей  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны.

Любой источник света состоит из совокупности излучателей. Ими являются атомы и молекулы. Каждый излучатель испускает волну с определенной ориентацией вектора  $\vec{E}$ , а значит и  $\vec{H}$ . Но излучение совокупности таких излучателей содержит всевозможные ориентации вектора  $\vec{E}$  (а значит и  $\vec{H}$ ). Свет со всевозможными ориентациями называется *естественным светом*. В естественном свете ни одно из направлений вектора  $\vec{E}$  не является преобладающим. Свет, в котором  $\vec{E}$  (а значит и  $\vec{H}$ ) имеет одно единственное направление, называется *линейно-поляризованным*. Свет, у которого имеется предпочтительное направление колебаний  $\vec{E}$ , называется *частично-поляризованным*. Плоскость, проведенная через вектор  $\vec{E}$  и вектор скорости распространения волны  $\vec{v}$ , называется *плоскостью колебаний* линейно-поляризованной волны. Плоскость, проведенная через вектор  $\vec{H}$  и вектор скорости  $\vec{v}$ , называется *плоскостью поляризации*.

*Поляризацией света* называют выделение из естественного света световых волн с определенной ориентацией электрического и магнитного векторов.

Осуществить поляризацию можно:

- а) с помощью явления отражения или преломления света на границе двух изотропных диэлектриков;
- б) при прохождении света через анизотропные кристаллы.

а) Пусть на стеклянную пластинку падает естественный свет (рисунок 1). Наблюдаются явления отражения и преломления света. При этом отраженный и преломленный пучки оказываются частично поляризованными.

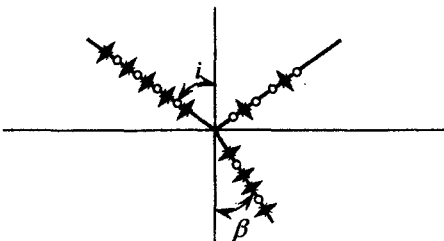


Рисунок 1

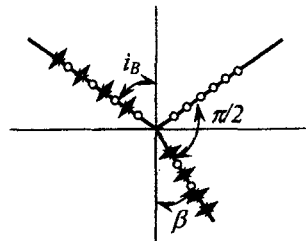


Рисунок 2

Исследования показывают, что в отраженном пучке преобладает направление колебаний  $\vec{E}$  в плоскости, перпендикулярной плоскости падения (кружочки на рисунке 1), тогда как преломленный пучок преимущественно поляризован в плоскости падения (черточки). При определенном угле падения  $i_B$  отраженный пучок оказывается полностью линейно-поляризованным в плоскости, перпендикулярной плоскости падения. Условие полной его поляризации в том, что угол между отраженным и преломленным пучками равен  $90^\circ$  (рисунок 2). Тогда

$$n = \frac{\sin i_B}{\sin \beta} = \frac{\sin i_B}{\cos i_B} = \operatorname{tg} i_B, \quad (1)$$

где  $n$  – показатель преломления;

$\beta$  – угол преломления.

Из выражения (1) вытекает закон Брюстера: если угол падения удовлетворяет условию  $\operatorname{tg} i_B = n$ , то отраженный свет полностью поляризован. Угол  $i_B$  называется углом Брюстера. В качестве поляризационного прибора используется «черное зеркало», установленное под углом Брюстера.

б) Анизотропные среды обладают свойством двойного лучепреломления. Световая волна, распространяющаяся в таких средах, разделяется на две компоненты, имеющие разные скорости распространения. Эти обе компоненты оказываются линейно-поляризованными в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Ярким свойством двойного лучепреломления обладает кристалл исландского шпата (рисунок 3).

Если на такой кристалл падает узкий пучок света, то, преломляясь, он дает два пучка разного направления. Даже тогда, когда первичный пучок падает на грань кристалла под углом падения, равным нулю, преломленный пучок разделяется на два, причем один из них представляет продолжение первичного, а второй отклоняется, т.е. его угол преломления отличен от нуля (рисунок 4). Исландский шпат используется для приготовления поляризационных приборов, называемых призмами Николя.

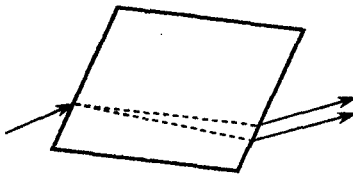


Рисунок 3

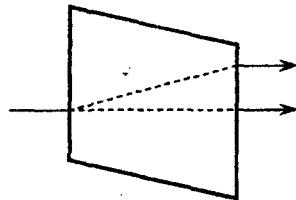


Рисунок 4

Двойкопреломляющие кристаллы в той или иной степени поглощают свет. В некоторых кристаллах один из лучей поглощается сильнее другого. Это явление называется *дихроизмом*. Очень сильным дихроизмом обладают кристаллы турмалина и герпатита. Эти материалы используются для изготовления поляризационных устройств, таких как поляриды. Поляриод представляет собой целлулоидную пленку, в которую внедрено большое количество одинаково ориентированных кристаллов герпатита.

Поляризационные приборы, которые используются для преобразования естественного света в поляризованный, называются *поляризаторами*. Если на пути полученного поляризованного света с амплитудой колебаний  $E_0$  поставить второй поляризационный прибор, то амплитуда колебаний  $E$ , прошедших через второй поляризатор (его теперь называют анализатором), зависит от угла  $\alpha$  между плоскостями поляризации поляризатора и анализатора.

$$E = E_0 \cdot \cos \alpha.$$

Так как интенсивность  $I$  этого света пропорциональна  $E^2$ , то будем иметь

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

где  $I_0$  – интенсивность падающего на анализатор поляризованного света;

$I$  – интенсивность света, вышедшего из анализатора;

$\alpha$  – угол между плоскостями поляризации поляризатора и анализатора.

Соотношение (2) выражает закон Малюса.

### 3 ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Схема установки для экспериментальной проверки закона Малюса показана на рисунке 5.

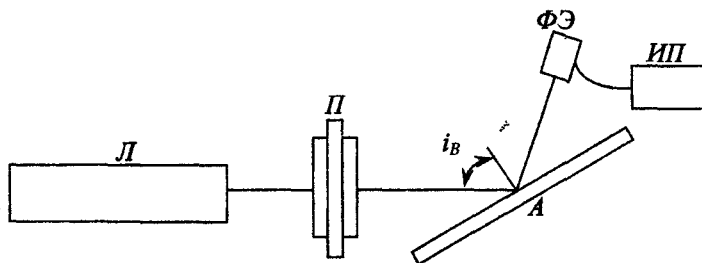


Рисунок 5

Установка собрана на оптической скамье, на которой находятся: источник света – лазер  $L$ , поляризатор  $\Pi$  на основе поляроида, анализатор  $A$  (черное зеркало, установленное под углом Брюстера к падающим лучам), фотоэлемент  $\Phi Э$ , закрепленный на анализаторе. Фотоэлемент подключен к чувствительному измерительному прибору  $ИП$  (микроамперметр).

Центральная часть поляризатора представляет собой поляризатор, который может вращаться вокруг оси, совпадающей с направлением светового пучка. При этом меняется положение плоскости поляризации поляризатора, то есть угол  $\alpha$ .

Пучок света, излучаемого лазером, проходит через поляризатор  $\Pi$ , попадает под углом Брюстера на зеркало анализатора  $A$ . Отражаясь от поверхности зеркала, пучок попадает в окно фотоэлемента  $\Phi Э$ , где пропорционально интенсивности света вырабатывается электрический сигнал, измеряемый микроамперметром  $ИП$ .

При вращении поляроида интенсивность отраженного света  $I$ , а значит, и показание прибора  $N$  будут изменяться согласно закону Малюса

$$N = N_0 \cdot \cos^2 \alpha,$$

где  $N$  – показания прибора при различных значениях угла  $\alpha$ ;  
 $N_0$  – максимальное показание прибора из всех замеров.

#### 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подключить лазер  $L$  и измерительный прибор к сети 220 В. Включить прибор, нажав кнопку «Сеть».
2. Установить поляризатор на деление  $0^\circ$ .
3. Установить зеркало анализатора под углом Брюстера к падающим лучам, совместив риски на подвижной и неподвижной частях анализатора.
4. На пути отраженного луча установить фотоэлемент, так, чтобы луч падал в окно фотоэлемента.
5. Слегка отклоняя луч лазера регулировочными винтами вправо-влево и вверх-вниз добиться максимального отклонения стрелки измерительного прибора (около 40 делений).
6. Вращая поляризатор, записать в таблицу показания измерительного прибора  $ИП$  (в делениях) через каждые  $15^\circ$ , в пределах от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Таблица 1

№ опыта	$\alpha^\circ$	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$N, \text{ дел.}$	$N/N_0$
1	0				
2	15				
...					
25	360				

#### 5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Для каждого значения угла  $\alpha$  рассчитать  $\cos \alpha$  и  $\cos^2 \alpha$ .
2. Рассчитать  $N/N_0$ , соответствующее каждому углу  $\alpha$ . Полученные значения сравнить с  $\cos^2 \alpha$ .
3. Построить график  $N = f(\alpha)$  в полярных координатах.
4. Построить график  $N/N_0 = f(\cos^2 \alpha)$ .

#### 6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое поляризация и поляризованный свет?
2. Что такое поляризаторы и анализаторы света?
3. Как можно получить поляризованный свет?
4. Что такое угол Брюстера? Сформулировать закон Брюстера.
5. Как определить показатель преломления, зная угол Брюстера?
6. Сформулировать закон Малюса.

**7 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Детлаф А. А.* Курс физики. Т.3. – М.: Высшая школа, 1979. – С. 142 – 154.
2. *Савельев И. В.* Курс общей физики. Т.2. – М.: Наука, 1978. – С. 419 – 430.

**СОДЕРЖАНИЕ**

1	Цель работы.....	3
2	Теоретические основы работы.....	3
3	Описание установки.....	5
4	Порядок выполнения работы.....	6
5	Обработка результатов измерений.....	6
6	Контрольные вопросы.....	7
7	Список литературы.....	7

**Валентин Петрович Мельников**

**ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА.**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы №3 по курсу «Физика»

Редактор *Халдеева Г. П.*  
Компьютерная верстка *Юриной В. В.*

Изд. лиц № 03542 от 10.12.2000.  
Подписано в печать 21.04.2004. Формат 60×90<sub>1/16</sub>.  
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 0,5 Тираж 60 экз. Заказ № 17.

Издатель Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском  
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69  
Отпечатано Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском  
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69