

Лабораторная работа №
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА МАЛЮСА.

Введение

Как известно, плоская электромагнитная световая волна является поперечной и представляет собой распространение взаимно перпендикулярных колебаний вектора напряжённости электрического поля \mathbf{E} и вектора напряжённости магнитного поля \mathbf{H} . Колебания векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} происходят в плоскости, перпендикулярной направлению распространения света, которое задаётся волновым вектором \mathbf{k} (рис. 1а). Вектор \mathbf{E} называется световым вектором, и все рассуждения мы ограничим рассмотрением этого вектора. Наличие вектора \mathbf{H} подразумевается.

Световой пучок, в котором различные направления вектора \mathbf{E} в поперечной к направлению распространения световой волны плоскости равновероятны, называется естественным или неполяризованным. В естественном свете колебания различных направлений быстро и беспорядочно сменяют друг друга (рис. 1 б).

Свет, в котором направления колебаний вектора \mathbf{E} упорядочены каким-либо образом и подчиняются некоторой закономерности, называется поляризованным. Если колебания вектора \mathbf{E} могут совершаться лишь в одном определённом направлении, то свет называется линейно или плоско поляризованным (рис. 1 с). Плоскостью поляризации называется плоскость, проходящая через вектор \mathbf{E} и волновой вектор \mathbf{k} .

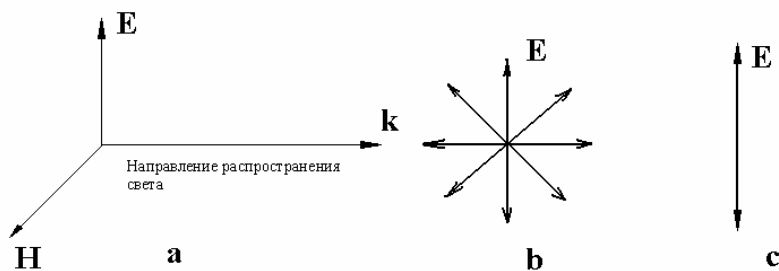


Рис. 1.

Обычные источники излучают неполяризованный свет, который может быть преобразован в поляризованный при взаимодействии с

веществом. Оптические устройства, служащие для получения поляризованного света, называются поляризаторами. Принцип действия поляризаторов может быть основан на явлениях отражения, преломления или поглощения света. Например, у некоторых кристаллов коэффициенты поглощения для двух взаимно перпендикулярно поляризованных волн отличаются настолько сильно, что даже при небольшой толщине кристалла одна из волн практически полностью поглощается. В результате из кристалла выходит плоскополяризованный свет. Зависимость величины поглощения света от его поляризации носит название дихроизма, а соответствующие материалы называются дихроическими. Дихроические пластинки используются для изготовления поляризаторов специального вида - поляроидов.

Через поляроид проходит почти без поглощения только тот свет, у которого плоскость поляризации совпадает с разрешённой плоскостью колебаний вектора \mathbf{E} для данного поляроида. Если на поляроид падает свет, плоскость поляризации которого повернута относительно разрешённой плоскости колебаний на угол α , то вектор \mathbf{E} падающего света можно разложить на две составляющие \mathbf{E}_1 и \mathbf{E}_2 :

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2.$$

Здесь вектор \mathbf{E}_1 лежит в разрешённой плоскости колебаний, а вектор \mathbf{E}_2 перпендикулярен этой плоскости (рис. 2).

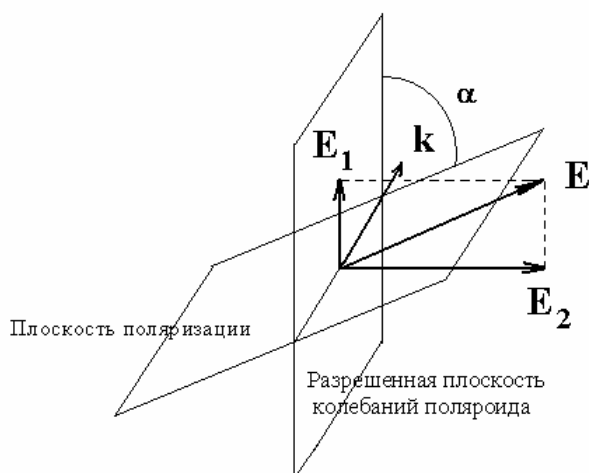


Рис. 2

Компонента падающего света, описываемая вектором \mathbf{E}_2 , практически полностью поглотится в поляроиде. Поляроид пропустит только ту компоненту падающего света, которая описывается вектором \mathbf{E}_1 . Принимая во внимание, что

$$E_1 = E \cos \alpha,$$

для интенсивности I света, прошедшего через поляроид имеем

$$I = I_0 \cos^2 \alpha. \quad (1)$$

Здесь I_0 - интенсивность падающего на поляроид света. (Интенсивность света пропорциональна квадрату амплитуды колебаний светового вектора).

Соотношение (1) носит название закона Малюса. Экспериментальной проверке закона Малюса и посвящается настоящая лабораторная работа.

Экспериментальная установка. Методика эксперимента

Экспериментальная установка состоит из оптической скамьи с набором рейтеров и приспособлений, источника монохроматического излучения (лазера), поляроида в оправе, фотометрического датчика и микроамперметра.

Принципиальная оптическая схема установки представлена на рис. 3. Плоскополяризованный световой пучок, излучаемый лазером L , падает на анализатор Π (так называется поляроид, используемый для исследования поляризованного света). Далее свет попадает на фотометрический датчик Φ . При помощи микроамперметра измеряется фототок I пропорциональный интенсивности света, падающего на фотометрический датчик.

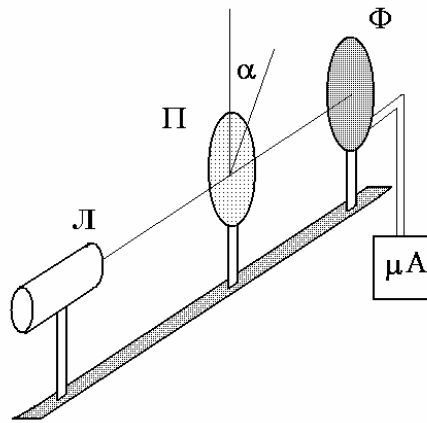


Рис. 3

В лабораторной работе измеряется фототок I в зависимости от угла α между плоскостью колебаний плоско поляризованного света, вышедшего из лазера и плоскостью колебаний поляроида. Результаты измерений изображаются на графике зависимости $I(\cos^2 \alpha)$. Если экспериментальные результаты ложатся на прямую, то можно сделать вывод об экспериментальном подтверждении закона Малюса.

Измерения. Обработка результатов измерений

1. Соберите на оптической скамье установку по схеме, показанной на рис.3.
2. Включите лазер и, регулируя положения анализатора и фотодатчика, добейтесь попадания светового пучка на фотодатчик.
3. Включите микроамперметр и, вращая анализатор, убедитесь, что микроамперметр реагирует на эти вращения.
4. Вращая поляризатор, добейтесь полного непрохождения светового пучка к фотодатчику. Показание микроамперметра при этом обращается в нуль. В соответствии с законом Малюса (1) этому соответствует значение угла α , равное 90° .
5. Снимите зависимость $I(\alpha)$. Измерения проведите в диапазоне изменения α от 0° до 360° . Диапазон $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ исследуйте более подробно. Результаты измерений и расчётов занесите в таблицу.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
α (град)	0	18	30	42	54	60	72	90	120	150	180	210	240	270	300	330
$\cos \alpha$																
$\cos^2 \alpha$																
I																

6. По результатам эксперимента на миллиметровой бумаге постройте график зависимости $I(\cos^2 \alpha)$. Сделайте соответствующие выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое плоскость поляризации световой волны? Чем плоскополяризованный свет отличается от естественного? Расскажите о способах получения поляризованного света. Поляризован ли лунный свет? Что такое угол Брюстера? Всегда ли падающий на слабо поглощающую плоскую поверхность свет отражается? Сформулируйте закон Малюса. Справедлив ли закон Малюса при падении естественного света на пластинку поляризатора?
2. Естественный свет интенсивности I_e проходит через два поляризатора, плоскости которых повернуты на угол φ друг относительно друга. а) Как поляризован свет на выходе из системы? б) Чему равна интенсивность света и степень поляризации за первым и вторым поляризаторами?
3. При прохождении естественного света через систему двух поляризаторов интенсивность света уменьшилась в 4 раза. Под каким углом ориентированы относительно друг друга поляризаторы?
4. Естественный свет падает под углом Брюстера на границу вакуум-диэлектрик. Под каким углом распространяются отраженная и преломленная волны? Как они поляризованы?