Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

В.Г. Гук, А.Н. Филанович

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

Электронный текстовый ресурс

Ресурс содержит материалы для подготовки к выполнению лабораторной работы №27 по разделу «Колебания и волны. Волновая оптика» дисциплины «Физика» (модули: научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности 157161, 1156902, модуль: основы физики 1153274, модуль: фундаментальные основы профессиональной деятельности 1163810, модуль: научное мировоззрение и коммуникации 1163790).

В тестовом электронном ресурсе представлены необходимые рекомендации по теории и практике лабораторной работы, а также приведены типовые вопросы тестового контроля.

Подготовлено кафедрой физики Института фундаментального образования

Екатеринбург 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Теоретическая часть 4
1.1. Поляризованный и естественный свет 4
1.2. Получение поляризованных лучей с помощью явления двойного лучепреломления 6
1.3. Поляроиды. Получение и анализ линейно поляризованного света. Закон Малюса 8
1.4. Получение света, поляризованного по эллипсу и кругу 10
1.5. Анализ света, поляризованного по эллипсу 13
2. Экспериментальная часть 16
2.1. Описание экспериментальной установки 16
2.2. Проверка закона Малюса 17
2.3. Исследование света, поляризованного по кругу 19
2.4. Исследование поляризации света по эллипсу 19
Контрольные вопросы 21

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день явление поляризации света играет фундаментальную роль в квантовых технологиях, в частности, квантовых компьютерах и квантовой криптографии. Так, поляризация фотона представляет собой один из наиболее удобных и надежных способов кодирования кубита – наименьшей единицы квантовой информации. Манипуляции с поляризацией фотонов позволяют реализовывать квантовые логические операции, необходимые для функционирования квантового компьютера. В квантовом шифровании информации используется передача на расстояние фотонов, поляризованных определенным способом. Циркулярно-поляризованный свет широко используется в научных исследованиях, в частности, свойств спинтронных материалов, для определения структуры молекул (в том числе белков и ДНК).

Данный ресурс содержит материалы для подготовки к выполнению лабораторной работы № 27 «Получение и исследование поляризованного света» по разделу «Колебания и волны. Волновая оптика» дисциплины «Физика».

Целями работы является:

1. Изучение явления поляризации, получение линейно поляризованного света. Проверка закона Малюса.

2. Изучение условий, необходимых для получения и анализа света, поляризованного по кругу. Получение света, поляризованного по кругу.

3. Изучение условий, необходимых для получения и анализа эллиптически поляризованного света. Получение света, поляризованного по эллипсу.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Поляризованный и естественный свет

Из теории Максвелла известно что свет представляет собой поперечные электромагнитные волны в интервале длин волн $4 \cdot 10^{-7}$м – $8 \cdot 10^{-7}$ м. Два вектора электрической и магнитной напряженностей $\vec{E}$ и $\vec{H}$, характеризующих волну, колеблются во взаимно перпендикулярных плоскостях, в одинаковых фазах и перпендикулярны скорости распространения волны (к лучу). Вектора $\vec{E}$, $\vec{H}$ и $\vec{\upsilon}$ и образуют правовинтовую систему (рис. 1).

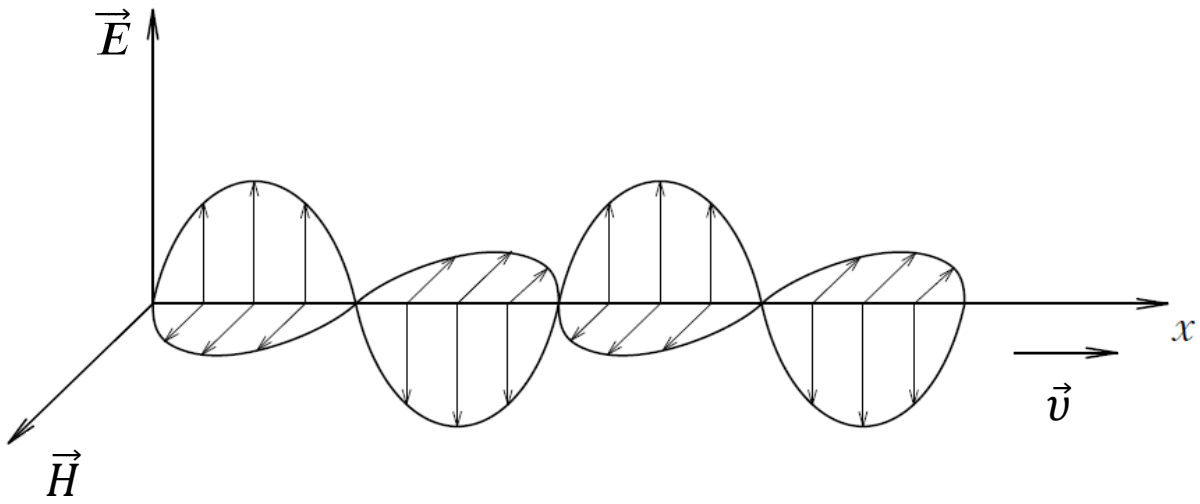


Рис. 1. Электромагнитная волна

Плоскость, проходящая через направление колебаний вектора $\vec{E}$ и через луч, называется плоскостью поляризации. Перпендикулярная к ней плоскость, в которой колеблется магнитный вектор $\vec{H}$, называется плоскостью колебаний.

Естественный свет можно рассматривать как совокупность световых волн с самыми различными и равновероятными направлениями колебаний. Такой свет испускается источниками (светящимися телами), состоящими из множества беспорядочно излучающих атомов (рис. 2,а). Равенство амплитудных значений векторов $\vec{E}$ объясняется в среднем одинаковой интенсивностью излучения каждого атома.

Свет, колебания вектора $\vec{E}$ которого могут происходить, как и в первом случае, во всевозможных направлениях, но при этом, колебания в одном из направлений наиболее вероятны, называется **частично поляризованным.** Амплитудные значения вектора $\vec{E}$ такого света не одинаковы в различных направлениях (рис. 2,б).

Если каким-либо образом упорядочить световые колебания или выделить только те колебания, которые происходят в определенной плоскости, то полученный свет будет **линейно-поляризованным (ЛП)** или плоскополяризванным (рис. 2,в).

Сказанное относительно электрического вектора $\vec{E}$ относится и к магнитному вектору $\vec{H}$, колеблющемуся всегда перпендикулярно $\vec{E}$. Оптические явления обусловлены действием, главным образом, вектора $\vec{E}$, который обычно называют световым вектором. Опыт показывает, что физиологическое и фотоэлектрическое действие света определяется частотой колебаний этого вектора $\vec{E}$ и интенсивностью света I, которая пропорциональна квадрату амплитуды светового вектора.

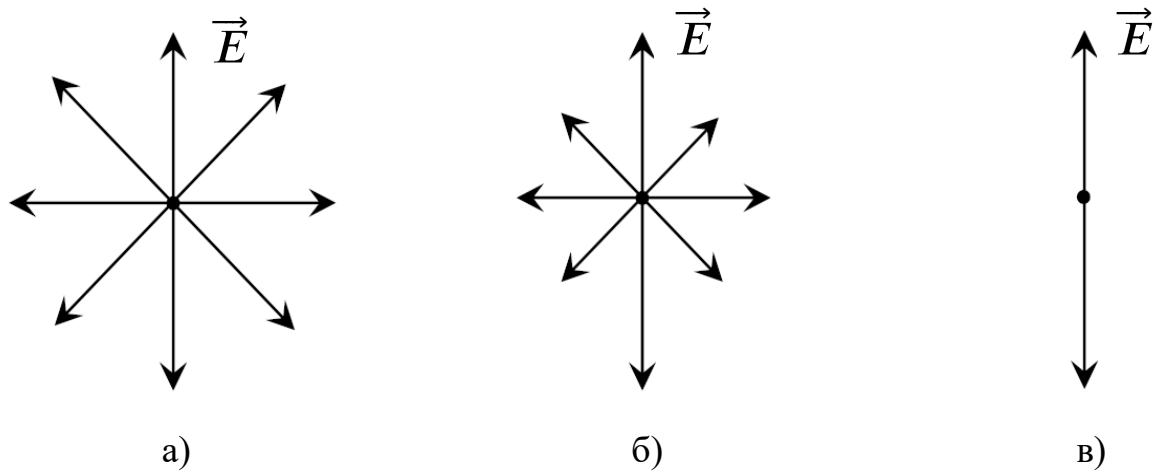


Рис. 2. Возможные направления вектора $\vec{E}$ в случае: а) естественного света, б) частично поляризованного света, в) линейно поляризованного света

Может существовать и такая волна, что в каждой точке пространства конец вектора $\vec{E}$ не просто колеблется вдоль линии (как при ЛП), а описывает эллипс.

Такая поляризация называется **эллиптической (ЭП)**. Одним из частных случаев эллиптической поляризации является **круговая (КП) или циркулярная поляризация**, при которой конец вектора $\vec{E}$ описывает окружность. Также частным случаем эллиптической поляризации можно считать и линейную поляризацию, при которой эллипс, описываемый концом вектора $\vec{E}$, вырождается в отрезок прямой линии. Таким образом, ЭП является наиболее общим типом поляризации, а линейная и круговая – её частными случаями.

1.2. Получение поляризованных лучей с помощью явления двойного лучепреломления

При прохождении естественного света через прозрачные анизотропные кристаллы луч пространственно разделяется на два поляризованных луча, что позволяет выделить и исследовать каждый их них в отдельности. Это явление называется двойным лучепреломлением и обусловлено различными значениями диэлектрической проницаемости ε в зависимости от направления в кристалле, и, следовательно, различны будут и показатели преломления n ($n \sim \sqrt{\varepsilon}$). Лучи, прошедшие через кристалл, преломляются под разными углами и поэтому разойдутся в пространстве. Кроме того, т.к. скорость распространения $\upsilon = c/n$ (c – скорость света), лучи будут иметь различные скорости распространения, в результате чего будут иметь различную оптическую длину пути.

Ограничимся рассмотрением одноосных анизотропных кристаллов (исландский шпат, турмалин, кварц), у которых наиболее сильно выражено двойное лучепреломление и введем понятия «оптическая ось кристалла», «главная плоскость кристалла» (главное сечение кристалла).

Оптическая ось кристалла – направление распространения света, при котором не наблюдается двойного лучепреломления. Это не прямая линия, проходящая через какую-либо точку кристалла, а определенное направление. Любая прямая, параллельная данному направлению, является оптической осью

кристалла. У одноосных кристаллов имеется только одно такое направление (у двуосных кристаллов таких направлений два).

Главная плоскость кристалла или **главное сечение кристалла** — любая плоскость, проходящая через оптическую ось. Обычно пользуются плоскостью, в которой находятся оптическая ось кристалла и падающий луч.

Колебания, перпендикулярные главному сечению кристалла (обозначаются точками, см. рис. 3), перпендикулярны оптической оси кристалла вне зависимости от направления луча, поэтому распространяются в кристалле во всех направлениях с одинаковой скоростью и, следовательно, характеризуются постоянным значением показателя преломления n_0. Такие лучи называются **обыкновенными** (на рис. 3. обозначены как O), они подчиняются закону преломления.

Колебания же, расположенные в плоскости главного сечения кристалла (обозначаются черточками, см. рис. 3), образуют с оптической осью различные углы в зависимости от направления луча и поэтому распространяются с различными скоростями в зависимости от угла, образуемого лучом и кристаллографическими осями кристалла.

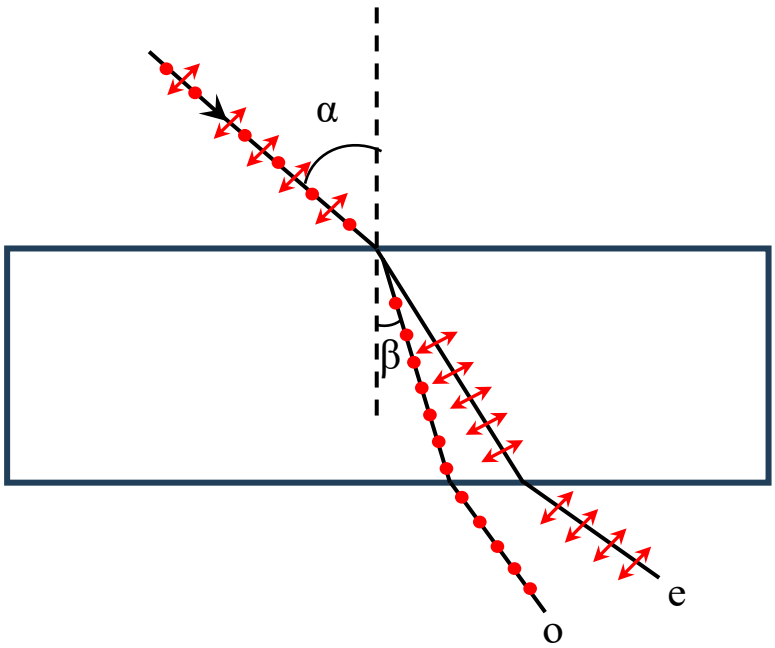


Рис. 3. Иллюстрация эффекта двойного лучепреломления (главная плоскость совпадает с плоскостью чертежа)

Такая световая волна называется **необыкновенной** (на рис. 3. обозначена как е), она характеризуется различными показателями преломления n_e. Для луча, распространяющегося вдоль оптической оси, $n_0=n_e$, $\upsilon_0 = \upsilon_e$ и раздвоения луча не происходит.

1.3. Поляроиды. Получение и анализ линейно поляризованного света. Закон Малюса

Для получения ЛП света применяют поляризаторы – специальные оптические устройства. Действие поляризатора может быть основано на различных оптических явлениях: на отражении света при определенных условиях, на явлении двойного лучепреломления, дихроизма или рассеяния.

В данной работе в качестве поляризаторов применяются поляроиды, в которых для получения поляризованного света используется явление дихроизма. Поляроид представляет собой тонкую поляризационную пленку, обладающую линейным дихроизмом. Линейным дихроизмом называется различное поглощение двух падающих на поляроид составляющих света, линейно поляризованных перпендикулярно одна к другой. Различия в показателях поглощения поляроида для этих составляющих так велики, что при толщине пленки ~ 0,1 мм одна из них поглощается полностью, а другая, лишь немного ослабляясь, проходит через поляроид. В зависимости от поляризующей среды поляроиды могут быть кристаллическими (пленки-монокристаллы, кристаллы герапатита), молекулярные (пространственно ориентированные органические молекулы полимеров, иодно-поливиниловые, поливиниленовые).

Важным преимуществом поляроидов является компактность, технологичность изготовления, возможность получения поляризованного пучка света большого диаметра. В поляроиде существует направление, в котором поглощение света отсутствует. Это направление называется осью пропускания.

Как можно видеть из рис. 4, при прохождении естественного света через поляризатор $П_1$, световой луч становится ЛП, причем направление поляризации определяется осью пропускания OO'. Интенсивность света I_0 при этом уменьшается в 2 раза. При прохождении поляризатора $П_2$ (анализатор) интенсивность света будет зависеть от угла φ между осями пропускания $П_1$ и $П_2$.

Далее будем рассматривать только ЛП свет и его прохождение через анализатор. Для этого будем считать, что $\vec{E}_0$ это амплитуда этого ЛП света, а I_0 – его интенсивность.

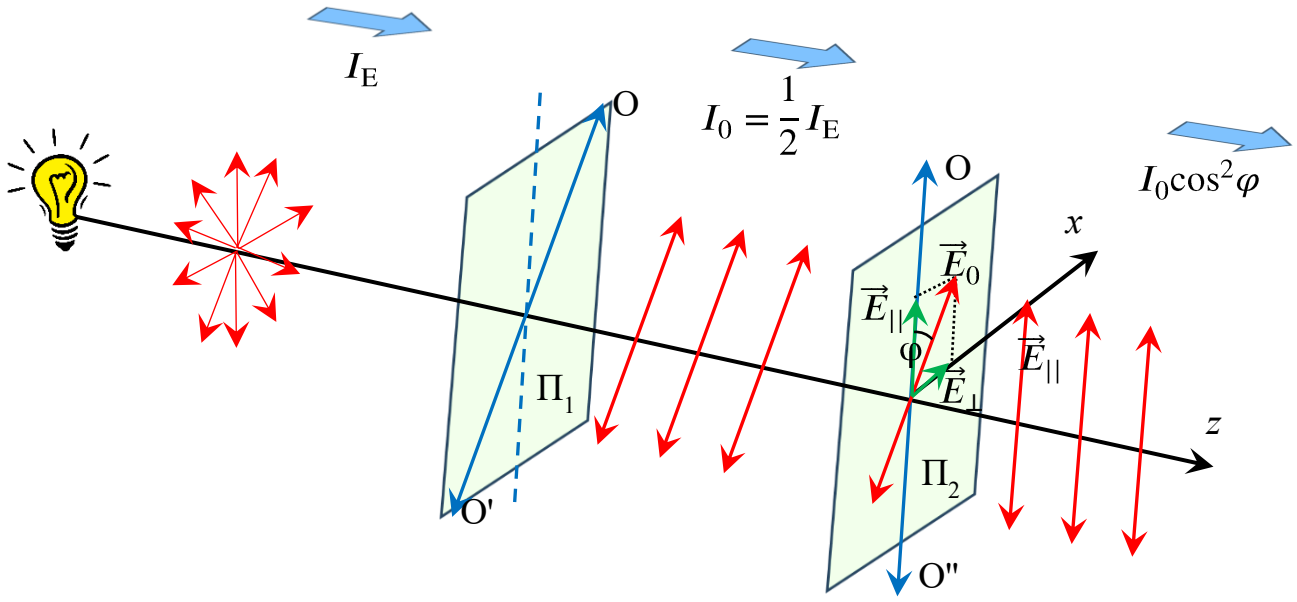


Рис. 4. Прохождение естественного света через два поляроида: $П_1$ – поляризатор с осью пропускания OO', с помощью которого из естественного света получают ЛП свет; $П_2$ – анализатор (по сути такой же поляризатор как $П_1$) с осью пропускания OO'', с помощью которого анализируют полученный ЛП свет.

Если на поляризатор (П2) падает ЛП свет с амплитудой $\vec{E}_0$ и интенсивностью $I_0 \sim E_0^2$, а направление колебаний напряженности $\vec{E}_0$ плоско-поляризованного света составляет угол φ с осью пропускания поляризатора, то, раскладывая вектор $\vec{E}_0$ на составляющие $\vec{E}_{\perp}$ и $\vec{E}_{||}$, и учитывая, что на выходе поляризатора составляющая $\vec{E}_{\perp}$ равна нулю, можно

прийти к выводу, что на выходе поляризатора будет существовать световая волна с направлением колебаний вдоль оси пропускания поляризатора и с амплитудой $\vec{E}_{||}$. Амплитуды прошедшей и падающей волны связаны соотношением

$$\vec{E}_{||} = \vec{E}_0 \cos\varphi.$$

Так как интенсивность света пропорциональна квадрату амплитуды, то можно записать: $I \sim (E_{||})^2$, $I_0 \sim (E_0)^2$.

Следовательно, интенсивность I прошедшего через поляризатор света определяется выражением:

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

Соотношение (1) носит название закона Малюса. Из закона Малюса следует, что при повороте анализатора на 360° дважды можно наблюдать нулевую и максимальную интенсивности.

1.4. Получение света, поляризованного по эллипсу и кругу

Пусть в одном и том же направлении распространяются две волны одной и той же частоты, но поляризованные во взаимно-перпендикулярных направлениях. Для глаз или фоточувствительного элемента такие две волны неразличимы, поэтому их можно рассматривать как одну, но с более сложным характером поляризации. В общем случае такие две волны при сложении образуют новую волну той же частоты с результирующим вектором, который непрерывно меняется и по величине, и по направлению с той же частотой. Конец вектора описывает в плоскости волнового фронта эллипс. Если рассмотреть другую точку волны, отстоящую от предыдущей на расстоянии S, то в ней конец электрического вектора описывает такой же эллипс, но с запаздыванием на время $\tau = S/\upsilon$, где υ – скорость распространения волны (см. рис. 5). Такой свет называется ЭП.

Подробно рассмотрим получение света, поляризованного по эллипсу. Для этого возьмем поляроид N, из которого выходит ЛП световая волна. Эта волна падает на кристаллическую пластинку К толщиной d (рис. 6а). Пластинка вырезана из одноосного кристалла параллельно его оптической оси, а значит в

ней будут распространяться в одном направлении с разными скоростями и одинаковой частотой колебаний две волны, поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (явление двойного лучепреломления).

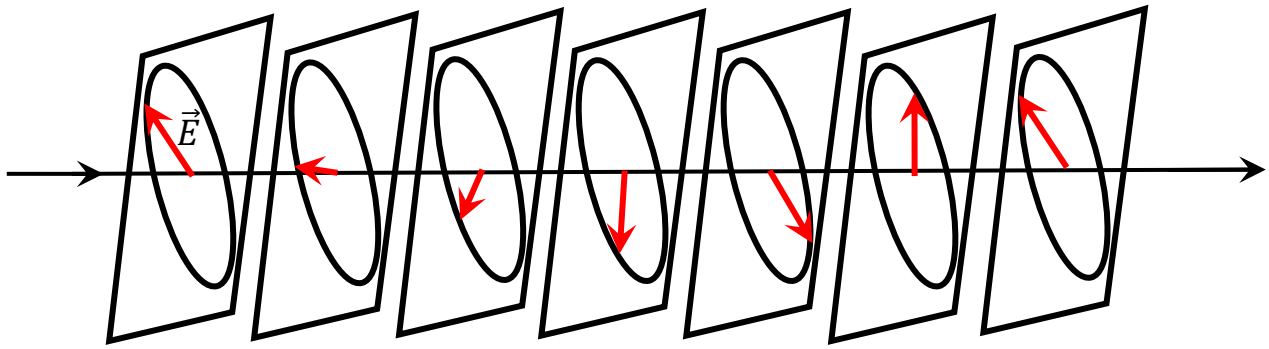
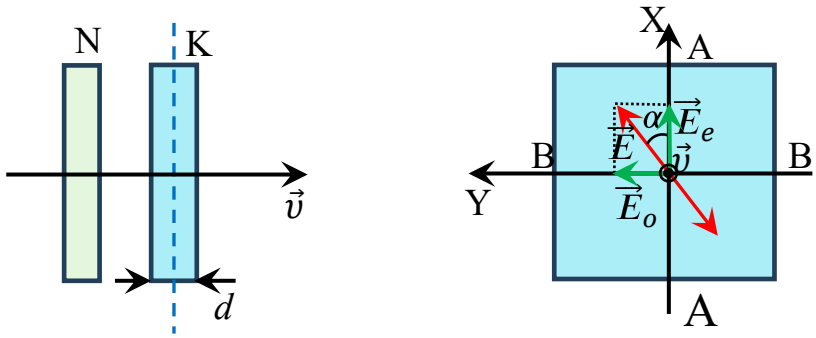


Рис. 5. "Мгновенная фотография" цуга, т.е. распределение вдоль направления распространения в фиксированный момент времени результирующего вектора $\vec{E}$ двух волн, поляризованных во взаимно-перпендикулярных направлениях

На рис. 6б показано направление распространения этих волн перпендикулярно плоскости рисунка (т.е. если посмотреть в направлении, перпендикулярном пластине *d* на рис. 6а).



а) б)

Рис. 6. Распространение линейно поляризованной волны через пластинку из одноосного кристалла: а) вид сбоку пластинки б) вид на плоскость пластинки, перпендикулярную направлению распространения волны

По направлению АА электрический вектор колеблется вдоль оптической оси, поэтому мы имеем дело с необыкновенной волной с амплитудой E_e и с

показателем преломления n_e. По направлению ВВ электрический вектор колеблется перпендикулярно оптической оси, т.е. перпендикулярно направлению АА, поэтому это будет обыкновенная волна с амплитудой E_o и с показателем преломления n_o.

Из рис. 6б видно, что

$$E_e = E\cos\alpha,\ E_o = E\sin\alpha. \qquad (2)$$

Пройдя через пластинку толщиной d, эти две волны приобретают оптическую разность хода, равную $(n_o - n_e)d$, что соответствует разности фаз $\Delta\varphi$ между ними:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d, \qquad (3)$$

где λ – длина волны в вакууме.

Поскольку направления колебаний вектора $\vec{E}$ в обыкновенной и необыкновенной волнах взаимно перпендикулярны, при их наложении друг на друга происходит сложение двух взаимно перпендикулярных колебаний:

$$x = E_e\cos(\omega t), \qquad (4)$$

где колебания идут вдоль оптической оси;

$$y = E_o\sin(\omega t - \Delta\varphi), \qquad (5)$$

где колебания идут в направлении, перпендикулярном оптической оси. Результирующее уравнение траектории конца вектора $\vec{E}$ результирующей волны в проекции на плоскость x0y представляет собой уравнение эллипса:

$$x^2/E^2_e + y^2/E^2_o - 2xy/(E_e \cdot E_o)\cos\Delta\varphi = \sin^2\Delta\varphi. \qquad (6)$$

Таким образом, конец результирующего вектора $\vec{E}$ описывает эллиптическую спираль с той же частотой, что и частота складываемых колебаний, т.е. возникает волна с ЭП.

Выразим оптическую разность хода $(n_o - n_e)d$ через длину волны в вакууме λ. Если оптическая разность хода равна

$$(n_o - n_e)d = \frac{\lambda}{4}, \qquad (7)$$

то разность фаз $\Delta\varphi = 2\pi/\lambda \cdot \lambda/4 = \pi/2$. Пластинки, удовлетворяющие этому условию, называются пластинки в четверть длины волны. В результате уравнение (6) примет вид

$$x^2/(E_e)^2 + y^2/(E_o)^2 = 1. \qquad (8)$$

Уравнение (8) представляет собой уравнение эллипса, длины полуосей E_e и E_o которого направлены по осям 0x и 0y и согласно формулам (2) зависят от угла α. На рис. 7.а изображены две волны, причем волна с вертикальными колебаниями опережает волну с горизонтальными колебаниями на $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$. При сложении этих двух волн, которые распространяются в направлении z, получаем волну с ЭП, моментальная «фотография» которой изображена на рис. 7.б.

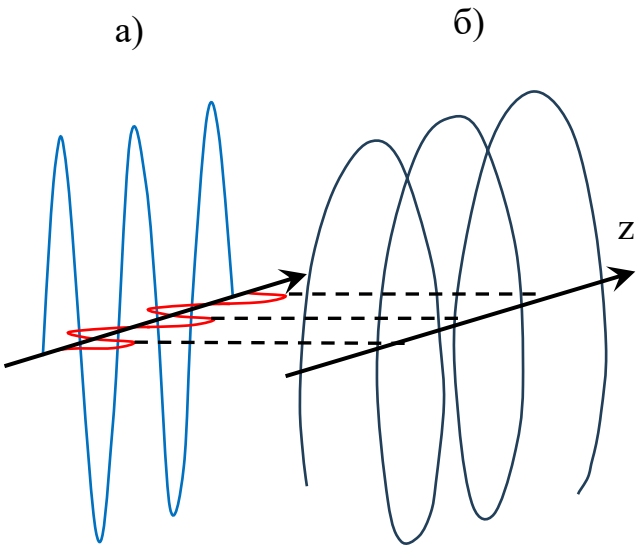


Рис. 7. Возникновение волны с эллиптической поляризацией: а) две волны со взаимно-перпендикулярной поляризацией вектора $\vec{E}$ с разностью фаз $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ б) моментальная «фотография» результирующей волны с ЭП

Если $E_e = E_o$, то формула (8) представляет собой уравнение окружности. В таком случае мы получаем свет, поляризованный по кругу (КП).

1.5. Анализ света, поляризованного по эллипсу

Для анализа света, поляризованного по эллипсу, создадим оптическую систему состоящую из следующих приборов:

– поляризатора, необходимого для создания ЛП волны;

– пластинки в четверть длины волны ($\frac{\lambda}{4}$), при прохождении которой возникают два луча (обыкновенный и необыкновенный), колебания в которых происходят с постоянной разностью фаз ($\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$) и поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях;

– анализатор, вдоль оси пропускания которого проходят эти два луча. При сложении составляющих колебаний этих лучей после прохождения анализатора мы имеем ЛП свет, интенсивность которого будет зависеть от углов поворота поляризатора, анализатора и пластинки в четверть длины волны.

Рассмотрим рис. 8, где П обозначает ось пропускания поляризатора, тогда E_m это амплитуда ЛП волны. Угол α это угол между осью пропускания поляризатора П и оптической осью пластинки $\frac{\lambda}{4}$, тогда E_{mo} и E_{me} это амплитуды обыкновенного и необыкновенного лучей двух взаимно перпендикулярных колебаний после прохождения пластинки $\frac{\lambda}{4}$. Из рис. 8 видно, что $E_{mo} = E_m \sin\alpha$, $E_{me} = E_m \cos\alpha$.

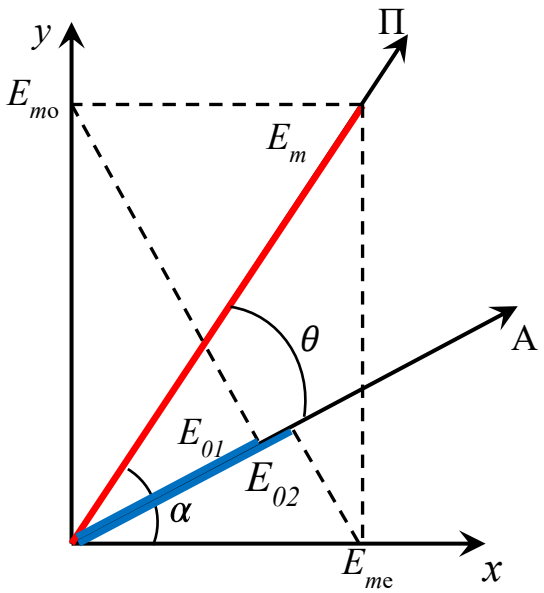


Рис. 8. Схема прохождения световой волны через оптическую систему поляризатор – пластинка $\frac{\lambda}{4}$ – анализатор

На рис. 8 буквой А обозначена ось пропускания анализатора, при этом угол θ это угол между осями пропускания поляризатора и анализатора, E_{01} и E_{02} – амплитуды колебаний обыкновенного и необыкновенного лучей после прохождения анализатора, т. е. это проекции амплитуд E_{m0} и E_{me} на ось пропускания анализатора А.

$$E_{01} = E_m \sin\alpha \cdot \sin(\alpha - \theta),$$

$$E_{02} = E_m \cos\alpha \cdot \cos(\alpha - \theta). \qquad (9)$$

При сложении этих колебаний, происходящих в одном направлении (анализатор пропускает колебания, происходящие только вдоль его оси пропускания) и имеющие разность фаз $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ мы получим интенсивность результирующего колебания

$$I = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01} \cdot E_{02} \cos\Delta\varphi. \qquad (10)$$

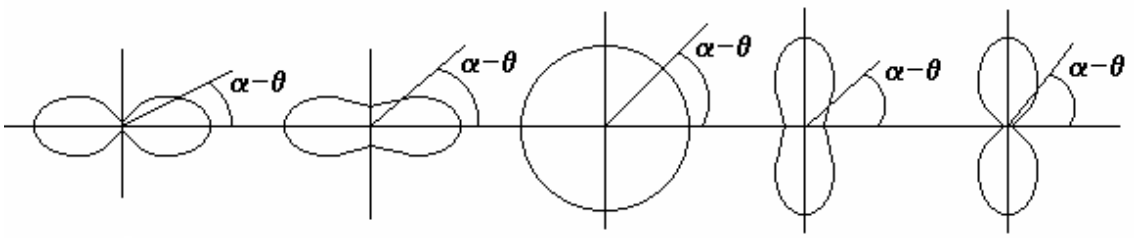
Если подставить в формулу (10) значения E_{01} и E_{02} из формул (9), то получим

$$I = (E_m)^2[\sin^2\alpha \cdot \sin^2(\alpha - \theta) + \cos^2\alpha \cdot \cos^2(\alpha - \theta)]. \qquad (11)$$

Из уравнения (11) путем несложного математического преобразования можно получить

$$I = (E_m)^2[\sin^2\alpha + \cos(2\alpha) \cdot \cos^2(\alpha - \theta)]. \qquad (12)$$

Анализируя формулу (12), рассмотрим, как зависит интенсивность I от угла (α–θ) для различных значений угла α. Такая зависимость представлена на рис. 9 в полярных координатах, а интенсивность показана длиной радиус-вектора.



а) α=0 б) 0 < α < π/4 в) α= π/4 г) π/4 < α < π/2 д) α= π/2

Рис. 9. Зависимость интенсивности I от угла (α–θ) для различных значений угла α

Видно, что, если угол $\alpha = 0$ или $\alpha = \frac{\pi}{2}$ (рис. 9 а, д), через пластинку $\frac{\lambda}{4}$ будет проходить только обыкновенный или только необыкновенный луч, свет становится ЛП и зависимость $I(\theta)$ будет соответствовать закону Малюса, что и подтверждает формула (12). При $\alpha=\frac{\pi}{4}$ $E_{m,e} = E_{m,o}$, что соответствует КП и, согласно формуле (12) получим, что интенсивность света, прошедшего через анализатор не зависит от угла его поворота θ (рис. 9, в). Если угол α находится в пределах $0<\alpha<\frac{\pi}{4}$ (рис. 9, б) или в пределах $\frac{\pi}{4}< \alpha<\frac{\pi}{2}$ (рис. 9, г), то свет становится ЭП с различным соотношением длин полуосей эллипса $E_{m,e}/E_{m,o}$.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Описание экспериментальной установки

Схема оптической системы для получения и анализа поляризованного света показана на рис. 10.

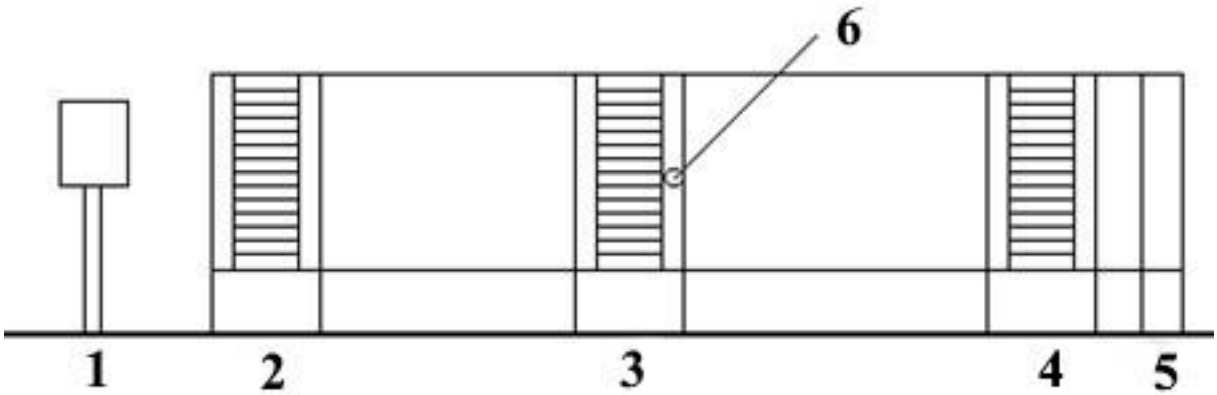


Рис. 10. Схема оптической системы лабораторной установки: 1 – источник света – светодиод, 2 – поляризатор, 3 – пластинка $\frac{\lambda}{4}$, 4 – анализатор, 5 – фотоэлемент, 6 – штырь необходимый для вывода пластинки $\frac{\lambda}{4}$ из зоны прохождения света.

Для определения углов поворота поляризатора, пластинки $\frac{\lambda}{4}$ анализатора данные приборы снабжаются оправами с цифровыми делениями.

Фотоэлемент 5 замкнут на резистор, к клеммам которого подключен аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). При попадании света на фотоэлемент в цепи возникает фототок $I_ф$, который по законам фотоэффекта пропорционален интенсивности излучения $I_ф \sim I$. Поэтому в качестве меры интенсивности излучения мы принимаем $I_ф$, обозначая его в дальнейшем как I.

Сила фототока, определяемая с помощью АЦП, отображается на дисплее компьютера с использованием специальной программы сбора и обработки экспериментальных данных, разработанной в среде LabVIEW (см. рис. 11).

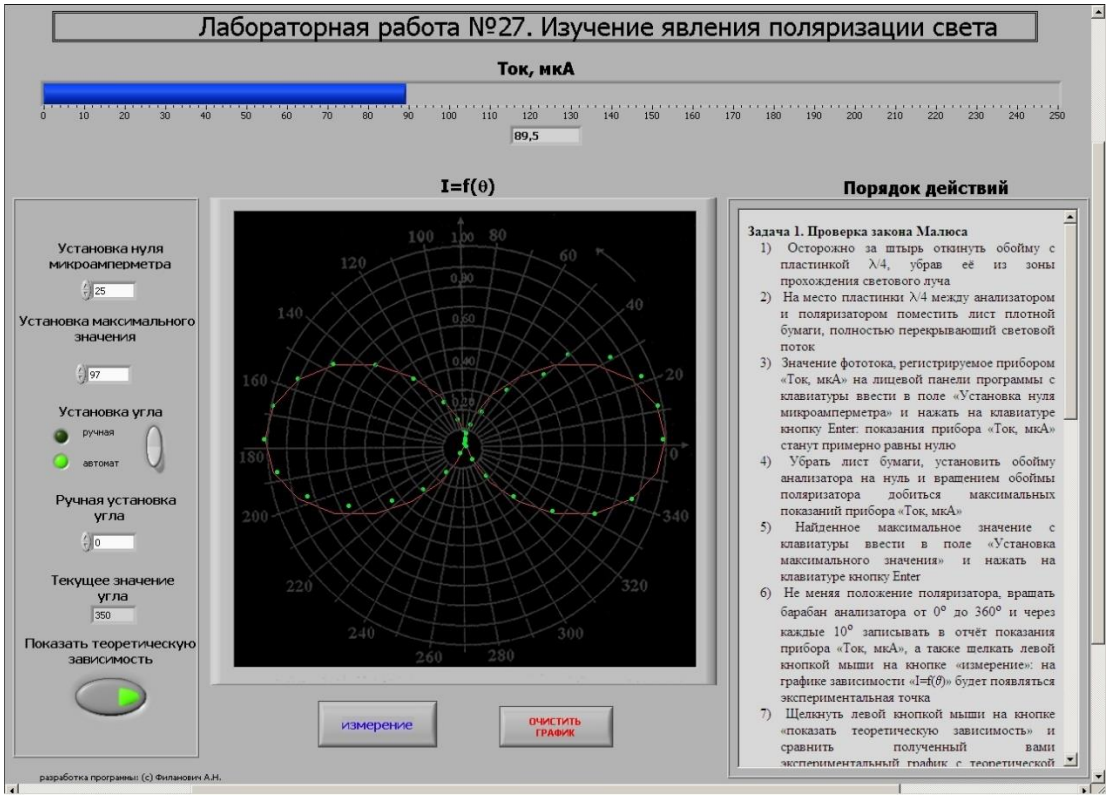


Рис. 11. Программа сбора и обработки данных эксперимента

2.2. Проверка закона Малюса

Ниже приведена последовательность действий, рекомендуемых при выполнении первой экспериментальной задачи лабораторной работы.

1. Убрать пластинку λ/4 из зоны прохождения светового луча. Для этого с помощью штыря 6 осторожно отогнуть от себя обойму с пластинкой 3.

2. На место пластинки λ/4 между анализатором и поляризатором поместить лист плотной бумаги, полностью перекрывающий световой поток.

3. Значение фототока, регистрируемое прибором «Ток, мкА» на лицевой панели программы с клавиатуры ввести в поле «Установка нуля микроамперметра» и нажать на клавиатуре кнопку Enter: показания прибора «Ток, мкА» станут примерно равны нулю.

4. Убрать лист бумаги, установить обойму анализатора на нуль. Вращением обоймы поляризатора добиться максимальных показаний прибора «Ток, мкА».

5. Найденное максимальное значение с клавиатуры ввести в поле «Установка максимального значения» и нажать на клавиатуре кнопку Enter.

6. Не меняя положение поляризатора (рис. 10 элемент 2), вращать барабан анализатора (рис. 10 элемент 4) от 0° до 360° и через каждые 10° записывать в отчёт показания прибора «Ток, мкА», а также щелкать левой кнопкой мыши на кнопке «измерение»: на графике зависимости «$I=f(\theta)$» будет появляться экспериментальная точка.

7. Щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке «показать теоретическую зависимость».

8. Щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке «очистить график».

9. Рассчитать I/I_{max}, (где I_{max} – максимальное значение тока) и внести полученные значения в таблицу 1 отчета (форму отчета можно найти на портале кафедры физики УрФУ https://kf-info.urfu.ru/ru/trudy-kafedry/).

10. На сетке полярных координат отчета построить график зависимости $I/I_0 = f(\theta)$ и $\gamma(\theta) = \cos^2\theta$. Полярный угол θ следует откладывать от полярной оси против часовой стрелки. Полярным радиусом служит относительная сила фототока I/I_{max}.

11. Сравните эти два графика. Сделайте вывод о выполнимости закона Малюса.

2.3. Исследование света, поляризованного по кругу

Ниже приведена последовательность действий, рекомендуемых при выполнении второй экспериментальной задачи лабораторной работы.

1. Скрестить плоскости анализатора и поляризатора следующим образом. Установить обойму анализатора на 0°, после чего вращением обоймы поляризатора добиться нулевых показаний прибора «Ток, мкА».

2. Поворотом за штырь обоймы с пластинкой λ/4 на себя, ввести её в зону светового луча.

3. Не меняя положение анализатора и поляризатора, вращением пластинки λ/4 добиться максимума показаний прибора «Ток, мкА».

4. Вращением обоймы анализатора на 360° определить максимальное значение показаний прибора «Ток, мкА», занести это значение в поле «Установка максимального значения», нажать на клавиатуре кнопку Enter.

5. Не меняя положение пластинки λ/4, вращать барабан анализатора от 0° до 360° и через каждые 10° записывать в отчёт показания прибора «Ток, мкА», а также щелкать левой кнопкой мыши на кнопке «измерение»: на графике зависимости «$I=f(\theta)$» будет появляться экспериментальная точка.

6. Щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке «очистить график».

7. Построить в полярных координатах (отчет задача 2, пункт 2) график $I/I_{max}=f(\theta)$, сравнить его форму с теоретической (окружностью), которую построить на этом же графике.

8. Сделать выводы о степени соответствия полученного графика теоретической зависимости.

2.4. Исследование поляризации света по эллипсу

Ниже приведена последовательность действий, рекомендуемых при выполнении третьей экспериментальной задачи лабораторной работы.

1. Повернуть пластинку λ/4 на 10° от положения, найденного во второй задаче.

2. Вращением обоймы анализатора на 360° определить максимальное значение показаний прибора «Ток, мкА», занести это значение в поле «Установка максимального значения», нажать на клавиатуре кнопку Enter.

3. Не меняя положение пластинки λ/4, вращать барабан анализатора от 0° до 360° и через каждые 10° записывать в отчёт показания прибора «Ток, мкА», а также щелкать левой кнопкой мыши на кнопке «измерение»: на графике зависимости «$I=f(\theta)$» будет появляться экспериментальная точка.

4. Закрыть программу измерений.

5. Построить в полярных координатах график $I/I_{max}=f(\theta)$.

6. Найти отношение полуосей эллипса, извлекая квадратный корень из отношения длин максимальной и минимальной хорд полученного графика. Зная отношение полуосей эллипса и их ориентацию, в произвольном масштабе построить эллипс.

7. Оценить величину угла α между направлением вектора $\vec{E}$ в линейно поляризованной волне, падающей на пластинку λ/4, и направлением вектора $\vec{E}$ в необыкновенной волне, выходящей из пластинки λ/4.

8. Сделать выводы о степени соответствия полученного графика теоретической зависимости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличается естественный свет от поляризованного?

2. В чем заключается явление двойного лучепреломления?

3. Как рассчитать интенсивность света, прошедшего через поляризатор, анализатор?

4. Какой свет называется ЛП?

5. Каким образом можно получить ЛП свет?

6. Сформулируйте закон Малюса.

7. Как получают свет, поляризованный по кругу и эллипсу?

8. Нарисуйте схему установки и расскажите порядок работы.

Электронный текстовый ресурс

Гук Вера Георгиевна

Филанович Антон Николаевич

Получение и исследование поляризованного света

Подготовка к публикации *В. Г. Гук, А.Н. Филанович*

Компьютерная верстка *авторская*

Рекомендовано Методическим советом УрФУ

протокол № ____ от «__»__ 202_

Электронный формат – pdf

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

http://study.urfu.ru