

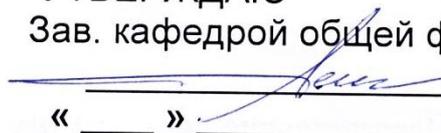
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой общей физики ФТИ

 А.М. Лидер

« ____ » _____ 2017 г.

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТА С
РАЗЛИЧНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ ПОЛЯРИЗАЦИИ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
3-09б по курсу «Общая физика» для студентов всех направлений
и специальностей

Составители **В.С. Сыпченко, Л.А. Святкин**

Издательство
Томского политехнического университета
2017

УДК 535(076.5)
ББК 22.24.я73
П535

Получение и исследование света с различными состояниями поляризации: методические указания к работе 3-09б по курсу «Общей физики» для студентов всех направлений и специальностей / сост. В.С. Сыпченко, Л.А. Святкин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 20 с.

УДК 535(076.5)
ББК 22.24.я73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
Общей физики ФТИ
« _____ » 2017 г.

Председатель
учебно-методической комиссии


_____ А.М. Лидер

Рецензенты

Доктор педагогических наук,
профессор кафедры ОФ ФТИ НИ ТПУ

В.В. Ларионов

Старший преподаватель
кафедры ОФ ФТИ НИ ТПУ

Т.Н. Мельникова

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТА С РАЗЛИЧНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Цель работы: изучить методы получения и анализа света с различными состояниями поляризации, установить связи между основными способами получения поляризованного излучения, выделить существующие различия между ними.

Приборы и принадлежности: прибор ПКС-125, поляроид-поляризатор, анализатор, источник естественного света; детектор светового излучения, микроамперметр, пластинка « $\lambda/4$ ».

КРАТКОЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Как известно, свет обладает электромагнитной природой, и как любая электромагнитная волна, световая волна поперечна: вектор напряженности электрического поля \mathbf{E} , магнитного поля \mathbf{H} и волновой вектор \mathbf{k} , указывающий направление распространения волны, ортогональны друг другу (рис. 1). Поскольку практически все действия света определяются вектором \mathbf{E} , то данный вектор называют световым вектором, а \mathbf{H} в оптических явлениях не учитывают.

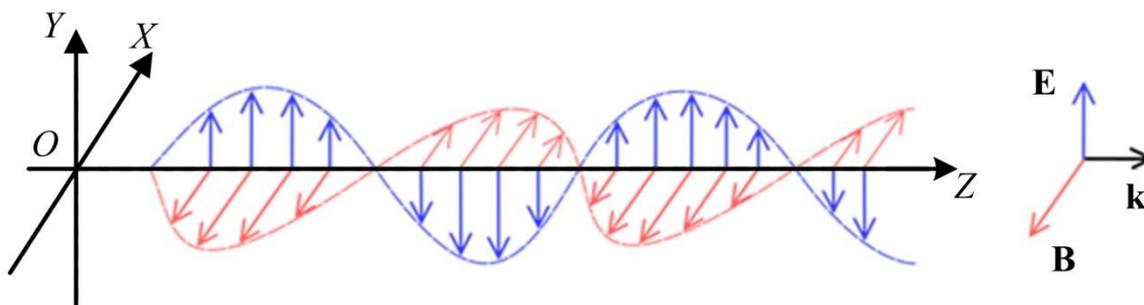


Рис. 1. Схема, представляющая вид световой волны. Электрический вектор \mathbf{E} , магнитный вектор \mathbf{H} и волновой вектор \mathbf{k} образуют правую тройку

Свет со всевозможными равновероятными ориентациями светового вектора \mathbf{E} в плоскости P , перпендикулярной направлению распространения света, называется естественным. Если колебания вектора \mathbf{E} в световой волне совершаются только вдоль одного направления в плоскости P , свет называется линейно или плоскополяризованным (рис. 2). Плоскость, проходящая через векторы \mathbf{E} и \mathbf{k} , называется *плоскостью поляризации*. Свет, в котором конец вектора \mathbf{E} описывает в пространстве винтовую траекторию, проекция которой в плоскости P является окружностью, называется поляризованным по

кругу или циркулярно поляризованным. Если эта фигура эллипс, свет называется эллиптически поляризованным.

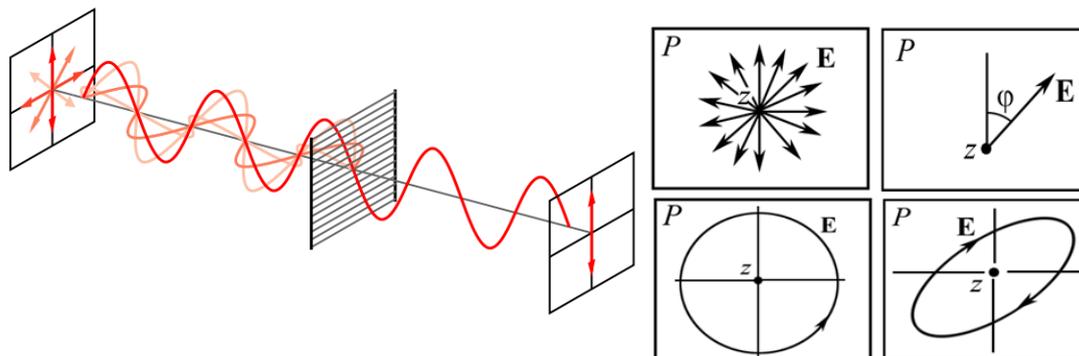


Рис. 2. Явление поляризации при прохождении света через пластинку-поляризатор. Справа изображены варианты возможной взаимной ориентации вектора \mathbf{E} для естественного, линейно поляризованного света, циркулярно поляризованного и эллиптически поляризованного света.

Свет, у которого появляется преимущественное направление колебаний светового вектора \mathbf{E} в пространстве, называется частично поляризованным. Его можно рассматривать как смесь естественного и поляризованного света. Большинство источников (лампы накаливания, ртутные лампы и т. д.) дают естественный свет. Чтобы получить свет с нужным состоянием поляризации, применяют различные поляризационные приборы, изготовленные чаще всего из оптически анизотропных сред.

АНИЗОТРОПНЫЕ СРЕДЫ. ДВОЙНОЕ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ

Оптическая анизотропия – это различие оптических свойств среды, связанное с зависимостью скорости световых волн от направления распространения и от поляризации. Анизотропными средами чаще всего бывают кристаллы. Оптическая анизотропия веществ, которые проявляют ее в любом агрегатном состоянии, связана с асимметрией строения отдельных молекул таких веществ и обусловленным ею различием во взаимодействии этих молекул с излучением различных поляризаций. Оптическая анизотропия проявляется в двойном лучепреломлении, дихроизме и вращении плоскости поляризации на границе раздела сред и т. д.

Двойное лучепреломление – раздвоение светового луча при прохождении через анизотропную среду, обусловленное зависимостью показателя преломления (n , следовательно, и скорости волны) от ее поляризации и ориентации волнового вектора относительно кристаллографических осей, т. е. от направления распространения

волны. При падении световой волны на поверхность пластинки, изготовленной из анизотропной среды, в последней возникают две преломленные волны, имеющие разную поляризацию и идущие в разных направлениях с различными скоростями. Отношение амплитуд этих волн зависит от поляризации падающей волны и от ориентации пластинки.

У двоякопреломляющих веществ имеются одно или два направления, вдоль которых свет с любым направлением светового вектора распространяется с одной и той же скоростью. Эти направления называются *оптическими осями*. Для кристаллов с одной оптической осью (одноосных кристаллов) плоскость, проходящая через оптическую ось и световой луч, называется *главной плоскостью* (плоскостью главного сечения). В таких кристаллах скорость одной из волн не зависит от направления ее распространения. Эта волна называется *обыкновенной*, плоскость колебаний ее вектора \mathbf{E} перпендикулярна главной плоскости. У волны, которая называется *необыкновенной*, световой вектор лежит в главной плоскости и ее скорость зависит от направления распространения. Примером двупреломляющих одноосных кристаллов может служить кварц, исландский шпат.

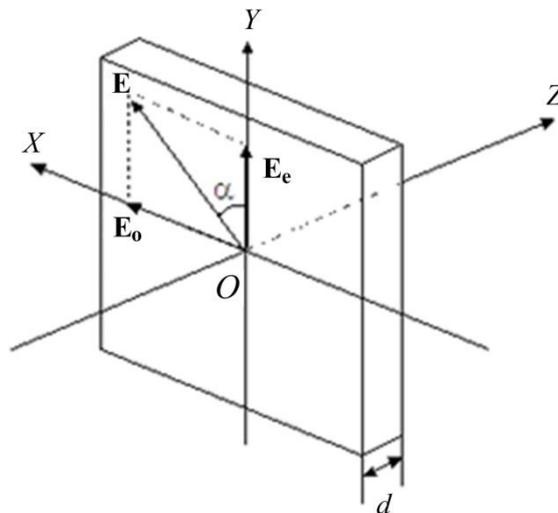


Рис. 3. Схема явления двойного лучепреломления света при падении вдоль оси OZ на поверхность пластинки, вырезанной параллельно оптической оси OY

Рассмотрим нормальное падение (вдоль оси OZ) поляризованного света на поверхность пластинки, вырезанной параллельно оптической оси (оптической осью пусть служит ось OY). Плоскостью главного сечения, следовательно, является плоскость YOZ . Падающий на пластинку свет представим как совокупность двух волн, поляризованных вдоль оптической оси и перпендикулярно к ней

(рис. 3). Первая из волн в пластинке будет необыкновенной (E_e), вторая – обыкновенной (E_o).

Направление распространения волн в пластинке можно найти по принципу Гюйгенса, в котором постулируется, что каждая точка анизотропной среды, до которой доходит световое возбуждение, может рассматриваться как центр двух вторичных волн: обыкновенной и необыкновенной. Т. к. скорость V_o распространения обыкновенной волны одинакова во всех направлениях, то ей соответствует сферическая волновая поверхность. Скорость V_e необыкновенной волны зависит от направления ее распространения. Волновая поверхность необыкновенной волны имеет вид эллипсоида вращения, который в направлении оптической оси (оси вращения) должен касаться сферической волновой поверхности обыкновенной волны. В направлении, перпендикулярном оптической оси, обе поверхности расходятся сильнее всего. На рис. 4а представлено сечение волновых поверхностей плоскостью XOY в некоторый момент времени t .

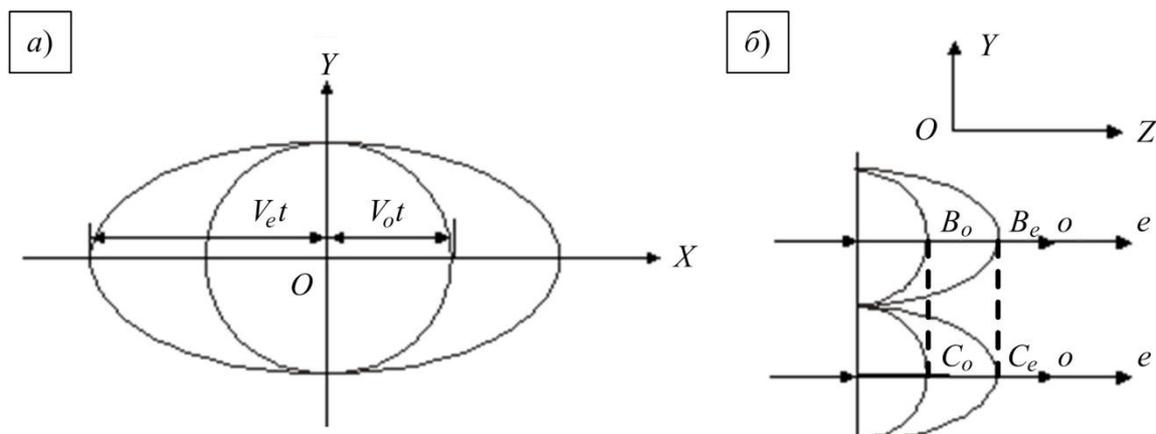


Рис. 4. а) Сечение волновых поверхностей плоскостью XOY ; б) волновые фронты обыкновенной ($B_o C_o$) и необыкновенной ($B_e C_e$) волн.

Такой же вид будет иметь сечение и в плоскости YOZ . Для определения положения волнового фронта распространяющейся волны в некоторый момент времени t следует построить огибающую соответствующих волновых поверхностей. На рисунке 4б $B_o C_o$ представляет собой фронт обыкновенной волны, $B_e C_e$ – фронт необыкновенной волны. Прямые, проведенные из центра возбуждения вторичных волн в точки касания волновых поверхностей и фронтов, укажут направления распространения обыкновенного и необыкновенного лучей.

Как видно из рисунка 4б, при нормальном падении плоской волны на поверхность пластинки, вырезанной параллельно оптической оси, точки касания для обеих волн лежат на одной прямой, поэтому в

пластинке обе волны распространяются в одном направлении, но с различными скоростями. В нашем примере необыкновенная волна движется быстрее обыкновенной ($V_e > V_o$). Такие кристаллы называются *отрицательными*.

Пусть плоскость поляризации падающего на пластинку поляризованного света составляет угол α с плоскостью главного сечения пластинки (плоскость YOZ , рис. 3). Амплитуды A_o и A_e колебаний обыкновенной и необыкновенной волн будут равны, соответственно:

$$A_o = A \sin \alpha, \quad (1a)$$

$$A_e = A \cos \alpha, \quad (1б)$$

где A – амплитуда колебаний в падающей волне.

Тогда компоненты вектора \mathbf{E} для падающего света можно записать в виде

$$E_x = E_o = A \sin \alpha \cos \omega t = A_o \cos \omega t, \quad (2a)$$

$$E_y = E_e = A \cos \alpha \cos \omega t = A_e \cos \omega t. \quad (2б)$$

Разность фаз между колебаниями в момент падения на пластинку равна нулю, если падающий свет имеет линейную поляризацию.

Поскольку скорости обеих волн различны, изменения фаз для них при прохождении через пластинку будут неодинаковы. Пренебрегая потерями на отражение, можно записать компоненты вектора для света, выходящего из пластинки, в виде

$$E_x = A_o \cos(\omega t + \delta), \quad (3a)$$

$$E_y = A_e \cos(\omega t + \delta'') = A_e \cos(\omega t + \delta' + \delta), \quad (3б)$$

где

$$\delta' = \omega \frac{d}{v_o} = \frac{\omega d n_o}{c} = k d n_o, \\ \delta'' = k d n_e. \quad (4)$$

Следовательно, вносимая пластинкой разность фаз δ и разность хода Δ запишется следующим образом.

$$\delta = \delta'' - \delta' = k d (n_e - n_o), \\ \Delta = d (n_e - n_o). \quad (5)$$

После выхода из пластинки обыкновенный и необыкновенный лучи, складываясь, дают в общем случае свет эллиптически поляризованный. Ориентация осей эллипса и соотношение между ними будут зависеть от поляризации падающего на пластинку света, толщины и ориентации пластинки.

Действительно, исследуем напряженность электрического поля суммарного колебания в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волн, т. е. при фиксированном значении Z . С течением времени конец вектора \mathbf{E} ($E = E_x \mathbf{i} + E_y \mathbf{j}$) описывает в плоскости XOY некоторую замкнутую кривую. Найдем уравнение этой кривой, исключив время T .

Перепишем (4) в виде:

$$E_y = A_e \cos(\omega t - kdn_o) \cos \delta - A_e \sin(\omega t - kdn_o) \sin \delta.$$

Исключим из этого равенства $\cos(\omega t - kdn_o)$ и $\sin(\omega t - kdn_o)$ с помощью формулы (3а), тогда

$$E_y = A_e \frac{E_x}{A_o} \cos \delta - A_e \sqrt{1 - \frac{E_x^2}{A_o^2}} \sin \delta. \quad (6)$$

Перенесем первое слагаемое правой части (6) влево, возведем обе части в квадрат, раскроем квадрат и после перегруппировки членов приводим уравнение к виду

$$\frac{E_x^2}{A_o^2} - 2 \frac{E_x E_y}{A_o A_e} \cos \delta + \frac{E_y^2}{A_e^2} = \sin^2 \delta. \quad (7)$$

Это есть уравнение эллипса, форма и ориентация которого относительно осей зависит от значений a и d (значение a определяет соотношение между A_o и A_e). Следовательно, при прохождении линейно поляризованного света через кристаллическую пластинку получаем световую волну, конец вектора \mathbf{E} которой описывает за период эллипс в плоскости XOY при фиксированном значении Z . Такой свет называется *эллиптически поляризованным*.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИНЕЙНО ПОЛЯРИЗОВАННОГО

СВЕТА И ЕГО АНАЛИЗ

Линейно поляризованный свет получают из естественного света с помощью устройств, которые называются поляризаторами. Действие поляризаторов основывается на использовании либо закона Брюстера для отражения и преломления света на границе раздела двух прозрачных изотропных диэлектриков, либо явления двойного лучепреломления в одноосных анизотропных кристаллах (рисунок 5). Из двоякопреломляющего кристалла выходят два линейно поляризованных луча, плоскости поляризации, которых взаимно перпендикулярны.

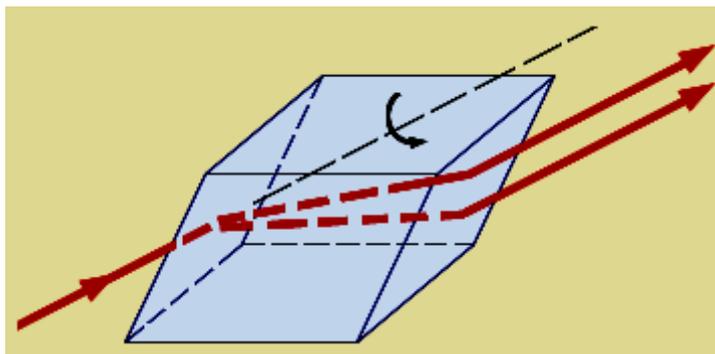


Рис. 5. Явление двойного лучепреломления в одноосных анизотропных кристаллах

Провести анализ линейно поляризованного света – значит определить положение его плоскости поляризации в пространстве. Для анализа линейно поляризованного света используются приспособления, которые называются *анализаторами*. В качестве анализатора применяются те же устройства, которые служат для получения линейно поляризованного света.

Интенсивность света I_a , пропущенного анализатором, меняется в зависимости от угла φ , между плоскостью поляризации падающего на него линейно поляризованного света и плоскостью анализатора как

$$I_a = kI_p \cos^2 \varphi, \quad (8)$$

где k – коэффициент прозрачности; I_p – интенсивность линейного поляризованного света, падающего на анализатор. Формула (8) носит название закона Малюса. На рис. 6 приведена иллюстрация, поясняющая действие закона Малюса.

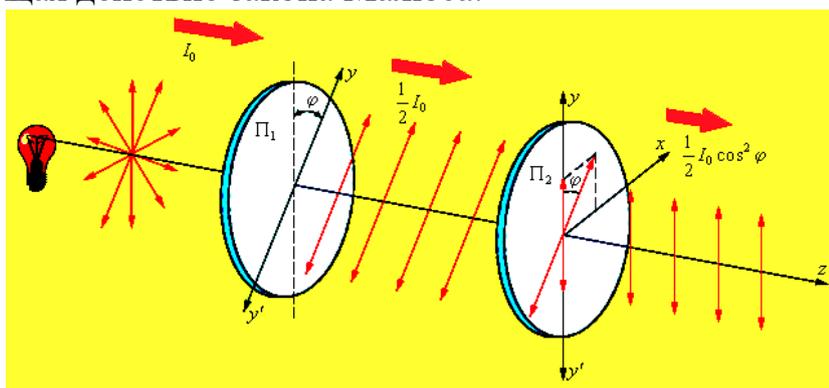


Рис. 6. Иллюстрация, поясняющая действие закона Малюса для идеальных поляроидов

В общем случае при вращении анализатора интенсивность прошедшего света может меняться от некоторого максимального (I_{\max}) до минимального (I_{\min}) значения.

1. Если $I_{\min} = 0$, можно сделать однозначный вывод, что свет имеет линейную поляризацию, так как в соответствии с законом Малюса свет

не проходит через анализатор, если плоскость пропускания последнего перпендикулярна к световому вектору.

2. Если $I_{\max} = I_{\min}$, свет является естественным или имеет круговую поляризацию (независимо от положения анализатор пропускает половину падающего на него светового потока). Здесь необходим второй этап анализа, который проводится с помощью пластинки " $\lambda/4$ " и анализатора.

3. Если $0 < I_{\min} < I_{\max}$, можно говорить или об эллиптической или о частичной поляризации. Применяя дополнительно пластинку " $\lambda/4$ ", можно разделить и эти два случая.

Получение циркулярно поляризованного света

Из теории колебаний известно, что то или иное состояние поляризации получается при совместном действии двух взаимно перпендикулярных монохроматических световых волн равной частоты, распространяющихся в одном направлении z , при определенных отношениях их амплитуд A_1 и A_2 и разности фаз δ .

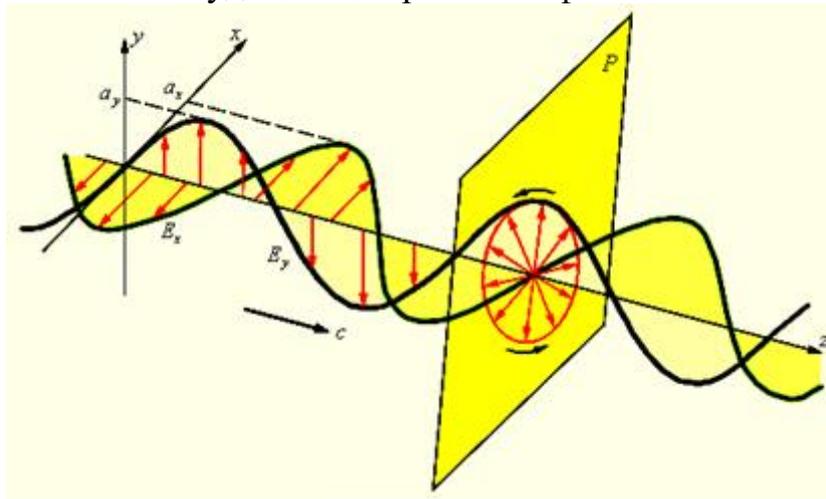


Рис. 7. Циркулярно-поляризованная волна

Так, согласно формуле (7) циркулярно-поляризованная волна получается в случае выполнения условий

$$\text{а) } A_1 = A_2; \quad (9)$$

$$\text{б) } \delta = (2m + 1) \frac{\pi}{2}.$$

что соответствует оптической разности хода складывающихся волн

$$(2m + 1) \frac{\lambda}{4}, \text{ где } \lambda \text{ – длина волны монохроматического света, } m = 0, 1,$$

2, ... ∞ (рис. 7). Если хотя бы одно условие нарушается,

результатирующая световая волна будет или эллиптически, или линейно поляризованной.

Из изложенного следует, что для получения циркулярно поляризованного света необходимо:

- 1) получить две взаимно перпендикулярные с одинаковыми амплитудами A_1 и A_2 монохроматические световые волны равной частоты, распространяющиеся в одном направлении;
- 2) создать между этими волнами разность фаз $\delta = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$.

Для получения двух взаимно перпендикулярных линейно поляризованных волн, распространяющихся в одном направлении, необходимо пропустить монохроматический линейно поляризованный свет с длиной волны λ через плоскопараллельную пластинку K толщиной d (рисунок 8). Пластинку вырезают из анизотропного кристалла таким образом, чтобы плоскость, на которую падает свет, была параллельна оптической оси $M - H$ кристалла. В этом случае говорят, что пластинка вырезана параллельно оптической оси. Линейно поляризованная световая волна, попадая в тонкую пластинку, создает две волны – обыкновенную и необыкновенную. Будучи линейно поляризованными во взаимно перпендикулярных плоскостях, эти волны, распространяясь в пластинке с различными скоростями, приобретают на выходе из нее разность фаз δ , равную

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e), \quad (10)$$

где n_o и n_e – показатели преломления обыкновенной и необыкновенной волн в кристалле, соответственно.

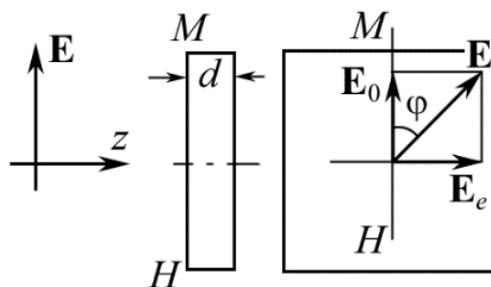


Рис. 8. Схема расположения луча и оптической оси кристалла

Оптическая разность хода при этом равна

$$\Delta = d(n_o - n_e) \quad (11)$$

Для получения разности фаз между обыкновенной и необыкновенной волной, равной $(2m + 1)\pi/2$, необходимо, чтобы пластинка имела определенную толщину d .

Толщина пластинки d определяется как

$$d(n_o - n_e) = (2m + 1) \frac{\pi}{2}. \quad (12)$$

При $m = 0$ толщина пластинки, создающая необходимую разность фаз, будет минимальная и равна

$$d(n_o - n_e) = \lambda/4. \quad (13)$$

Кристаллическую пластинку, которая создает оптическую разность хода между обыкновенной и необыкновенной волной равной $\lambda/4$, называют «пластинка $\lambda/4$ ». Для получения одинаковых амплитуд у обыкновенной и необыкновенной волн, распространяющихся в кристаллической пластинке, необходимо, чтобы плоскость поляризации падающего света составляла с оптической осью $M - H$ пластинки угол φ , равный 45° (см. рис. 8).

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ ПЛАСТИНКА $\lambda/4$

Кристаллическая пластинка $\lambda/4$ нужна, прежде всего, для получения света, поляризованного по кругу. Она может применяться и для получения эллиптически поляризованного света. Пластинка $\lambda/4$ может применяться и для анализа, полученного с помощью другой пластинки, эллиптически поляризованного света.

Ориентация оптической оси пластинки $\lambda/4$ в пространстве имеет решающее значение, поэтому пластинка помещена во вращающуюся оправу с круговой шкалой. Дело в том, что ориентация оптической оси пластинки по отношению к плоскости поляризации падающего на нее линейно поляризованного света определяет амплитуды образующихся в ней двух волн – обыкновенной и необыкновенной. Пластинка дает волны равных амплитуд, нужные для получения света, поляризованного по кругу, только при ее определенной ориентации. Поворачивая оправу пластинки в другое положение, можно получить при помощи той же пластинки эллиптически поляризованный свет. Наконец, наличие в установке монохроматора позволяет использовать ту же пластинку для получения света, поляризованного эллиптически еще и другим способом. Пропуская через пластинку монохроматический свет иной длины волны, для которой пластинка не является пластинкой « $\lambda/4$ », получим эллиптически поляризованный свет за счет отличного от $\pi/2$ сдвига фаз между двумя линейно поляризованными световыми волнами в пластинке. В этом случае волны могут иметь равные амплитуды.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Изображение экспериментальной установки, позволяющей получить и исследовать свет с различными состояниями поляризации, приведена на рис. 9. Она включает в себя источник напряжения, лампу накаливания (внутри стойки), систему поляризаторов и микроамперметр.



Рис. 9. Экспериментальная установка с обозначением основных элементов

Свет от лампы проходит через выходную щель, попадает на собирающую линзу (на рисунке не показана), которая фокусирует световой пучок на фотосопротивление. За линзой устанавливаются поляризационные приспособления, пройдя которые свет падает на фотосопротивление, величина сопротивления которого зависит от освещенности. Поэтому электрический ток, текущий по фотосопротивлению также будет зависеть от освещенности. Величина электрического тока регистрируется цифровым микроамперметром.

В число поляризационных приспособлений входят два поляризатора (играющие роли поляризатора и анализатора) и кристаллическая пластинка « $\lambda/4$ ». Поляризаторы помещены во вращающиеся оправы с делениями, проградуированными в градусах. Пластинка также может быть помещена в специальное углубление в одном из поляризаторов (нижняя градуированная оправка).

ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К РАБОТЕ

1. Убедитесь, что приборы подключены к электропитанию. Проверьте, что бы все регуляторы тока и напряжения находились в крайнем левом положении.
2. Включите источник напряжения путем нажатия на оранжевую кнопку «Power» (рис. 10).
3. Установите значение напряжения в интервале от 8 до 11 В, путем поворота регулятора под правым дисплеем «Voltage» на источнике напряжения (рис. 10).
4. Включите амперметр и установите режим измерения постоянного тока в микроамперах (μA).



Рис. 10. Источник напряжения и амперметр, работающий в режиме измерения постоянного тока в микроамперах

МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Получение и анализ линейно поляризованного света. Проверка закона Малюса

1. Зафиксируйте исходное угловое положение поляризатора (нижний градуированный диск) возле нулевого значения (рис. 11). Включите лампу накаливания путем нажатия педали включения внизу

установки (рис. 9). Зафиксируйте показания микроамперметра и угловое значение в таблице 1 (опыт 1). Это значение фототока, который возникает при облучении фотосопротивления.

2. Поворачивайте анализатор (верхний градуированный диск) вокруг оси с шагом 10° , совершая полный оборот. Записывайте угловые значения и соответствующие показания микроамперметра для каждого шага в таблицу 1 (опыт 1).



Рис. 11. Поляризационные приспособления для получения линейно поляризованного света

3. Пронормируйте полученные значения на единицу, путем деления всех значений на максимальное значение фототока, и запишите в таблицу 1 (опыт 1).

Таблица 1

| $\varphi, ^\circ$ | $\cos\varphi$ | $\cos^2\varphi$ | Опыт 1 | | Опыт 2 | | | |
|-------------------|---------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| | | | Ток I при вращении анализатора, мкА | I/I_{\max} | Ток I при вращении пластинки, мкА | I/I_{\max} | Ток I при вращении анализатора, мкА | I/I_{\max} |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

4. Для определения вида поляризации света постройте в полярных координатах график зависимости нормированных показаний микроамперметра от ориентации анализатора (в градусах). График линейно поляризованного света в полярных координатах имеет вид «восьмерки» (рис. 12).

5. Для проверки справедливости закона Малюса постройте в тех же осях (на одном графике) график зависимости $\cos^2\varphi$ от угла φ , совместив максимумы фототока экспериментальной и

теоретической зависимости, повернув экспериментальную зависимость на угол φ_0 (рис. 12).

б. Сделайте вывод.

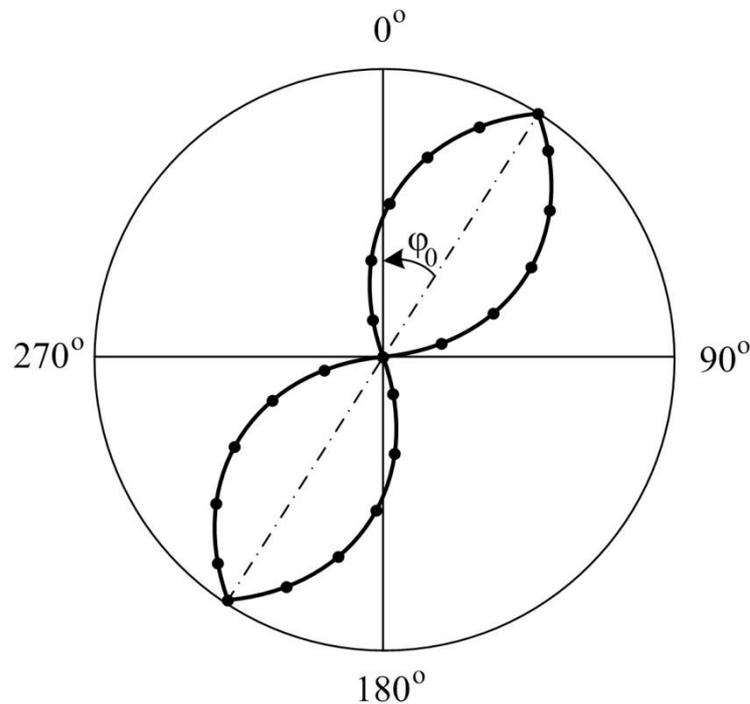


Рис. 12. График зависимости нормированных показаний микроамперметра от ориентации анализатора

ПОЛУЧЕНИЕ ЦИРКУЛЯРНО ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

1. Ориентируйте поляризатор и анализатор относительно друг друга так, чтобы микроамперметр показывал минимальное значение силы тока.
2. Поместите между поляризатором и анализатором кристаллическую кварцевую пластинку $\lambda/4$ как показано на рисунке 13.
3. Путем поворота пластинки « $\lambda/4$ » проведите измерение зависимости интенсивности прошедшего света от ориентации пластинки кварцевой « $\lambda/4$ » на протяжении одного полного оборота вращения пластинки поляризатора (аналогично предыдущему заданию с поворотом анализатора). Измерения проводите также с шагом 10° . Значения занесите в таблицу 1 (опыт 2).
4. Постройте в полярных координатах график зависимости интенсивности прошедшего света, нормированных на единицу, от ориентации кварцевой пластинки « $\lambda/4$ ».
5. Установите пластинку в положение, соответствующее максимальному значению фототока в зависимости, полученной в

п. 4. Вращая анализатор с шагом 10° , проведите измерение зависимости показаний микроамперметра от угла поворота анализатора. Значения занесите в таблицу 1 (опыт 2).

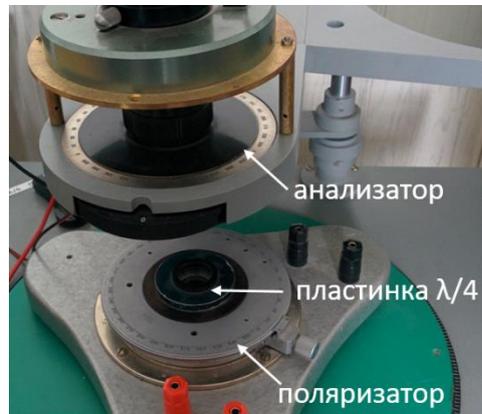


Рис. 13. Поляризационные приспособления для получения циркулярно-поляризованного света

6. Постройте в полярных координатах график зависимости показаний интенсивности прошедшего света, нормированных на единицу, от ориентации анализатора.
7. Сделайте вывод.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Дайте схему получения линейно, эллиптически и циркулярно-поляризованного света.
2. Опишите известные способы получения поляризованного света.
3. Как изготавливаются пластинки « $\lambda/4$ » и с какой точностью?
4. Как из линейно поляризованного света получить циркулярно или эллиптически поляризованный свет?
5. Почему обыкновенный и необыкновенный лучи, полученные от естественного света, не являются когерентными?
6. Почему в анизотропном кристалле возникает множество волн?
7. Какие действия нужно предпринять, чтобы найти различия в свойствах обыкновенного и необыкновенного лучей?
8. Как изготовить пластинку в «полволны»?
9. Каким образом можно отделить обыкновенный луч от необыкновенного луча?
10. Какие индикаторы можно использовать для анализа света, прошедшего анализатор?
11. Каким методом можно измерить показатель преломления обыкновенного и необыкновенного лучей?
12. Почему основания призмы Николя составляет угол 68° с боковыми ребрами (вместо 71° у естественного кристалла)?

13. По какому принципу рассчитывают углы в призме Николя?
14. Плоские волны в анизотропном кристалле поперечны в отношении векторов **D** и **H**. Почему они не поперечны в отношении вектора **E**?
15. Почему при вращении исландского шпата вокруг главной оптической оси одно изображение любого предмета движется по кругу вокруг другого?
16. Можно ли заменить канадский бальзам слоем воздуха?
17. Как соотносятся метод Брюстера и метод двойного лучепреломления?
18. Какая дополнительная разность фаз вносится между обыкновенным и необыкновенным лучами, если их пропускать через пластинку $\lambda/4$, $\lambda/2$?
19. Как отличить друг от друга смесь естественного света с линейно поляризованным светом?
20. В каком случае линейно поляризованный луч на выходе из кристаллической пластинки превращается в эллиптически поляризованный?
21. Назовите условия, необходимые для наблюдения интерференции поляризованных лучей.
22. Каким образом можно обнаружить оптическую анизотропию тел?
23. Если электрическое поле параллельно диэлектрической оси кристалла, то распространение волн в анизотропном кристалле аналогично данному процессу в изотропном кристалле. Почему?
24. Как связана амплитуда колебаний вектора **D** преломленной волны и амплитуда падающей волны **E**?
25. Объясните закон Брюстера, применив механизм излучения диполя.

ГЛОССАРИЙ

Анизотропия – различие свойств среды (например, скорости звука или света) в различных направлениях внутри этой среды

Естественный свет (неполяризованный свет) – совокупность некогерентных световых волн со всеми возможными направлениями колебаний векторов напряжённости электрического и магнитного полей перпендикулярных к световым лучам. При этом все направления колебаний равновероятны.

Двойное лучепреломление – раздвоение светового луча при прохождении через анизотропную среду, обусловленное зависимостью показателя преломления (n , следовательно, и скорости волны) от ее поляризации и ориентации волнового вектора относительно кристаллографических осей, т. е. от направления распространения. Если луч света падает перпендикулярно к поверхности кристалла, то на этой

поверхности он расщепляется на два луча. Первый луч продолжает распространяться прямо, и называется *обыкновенным* (o – ordinary), второй же отклоняется в сторону, и называется *необыкновенным* (e – extraordinary).

Закон Малюса – физический закон, выражающий зависимость интенсивности линейно-поляризованного света после его прохождения через поляризатор от угла между плоскостями поляризации падающего света и поляризатора.

Оптическая анизотропия – это различие оптических свойств среды, связанное с зависимостью скорости световых волн от их направления распространения и поляризации. Анизотропными чаще всего бывают кристаллы.

Оптические оси – одно или два направления у двоякопреломляющих веществ, вдоль которых свет с любым направлением светового вектора распространяется с одной и той же скоростью.

Поляризатор – устройство, предназначенное для получения полностью или частично поляризованного оптического излучения из излучения с произвольным состоянием поляризации.

Полярная система координат – двухмерная система координат, в которой каждая точка на плоскости однозначно определяется двумя числами – полярным углом и полярным радиусом.

Поляризация – характеристика поперечных волн, описывающая поведение вектора колеблющейся величины в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны.

Фотосопротивление – полупроводниковый прибор, изменяющий величину своего сопротивления при облучении светом.

Учебное издание

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТА С РАЗЛИЧНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы 3-09 по курсу «Общая физика» для студентов всех направлений и специальностей

Составители

СЫПЧЕНКО Владимир Сергеевич
СВЯТКИН Леонид Александрович

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 10.12.2017. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.
Заказ . Тираж 50 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический
университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета

сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO
9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru