



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Физика»

ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа № О 35
Изучение поляризации света при отражении
и преломлении на границе двух
диэлектриков
по дисциплине

«ФИЗИКА»

Авторы
Егорова С.И.,
Жданова Т.П.,
Кудря А.П.,
Лемешко Г.Ф.

Ростов-на-Дону, 2025

Аннотация

В практикуме кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, рабочее задание и контрольные вопросы. Предназначен для организации самостоятельной работы студентов всех направлений и специальностей, изучающих физику.

Авторы

д.т.н., профессор кафедры «Физика»
Егорова С.И.

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика»
Жданова Т.П.

старший преподаватель кафедры «Физика»
Кудря А.П.

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика»
Лемешко Г.Ф.



Оглавление

Краткая теория.....	4
Описание экспериментальной установки.....	7
Порядок выполнения работы.....	9
Контрольные вопросы.....	14
Список литературы.....	15

Лабораторная работа № О 35

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА ПРИ ОТРАЖЕНИИ И ПРЕЛОМЛЕНИИ НА ГРАНИЦЕ ДВУХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Цель работы: 1. Изучить поляризацию света при отражении от диэлектрика. Определить угол Брюстера при падении света на диэлектрическую пластину.

2. Проверить справедливость закона Малюса.

3. Определить показатели преломления диэлектриков по углу полной поляризации.

Оборудование: Гониометр, осветитель с блоком питания, поляроид, вентильный фотоэлемент, гальванометр, набор диэлектриков, стопа стеклянных пластин.

Краткая теория

Поляризация света обусловлена поперечностью электромагнитных волн. Это значит, что векторы напряжённостей электрического $\vec{E}$ и магнитного $\vec{H}$ полей взаимно перпендикулярны и колеблются синфазно перпендикулярно вектору скорости $\vec{c}$ (перпендикулярно лучу).

Для описания закономерностей поляризации света достаточно знать поведение одного из векторов. При действии света на вещество основное значение имеет электрическая составляющая, поэтому все рассуждения ведутся относительно вектора $\vec{E}$, который называется **световым вектором**.

Свет, в котором колебания векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$ равновероятны по всем направлениям, называется **естественным**.

Свет, в котором колебания светового вектора упорядочены каким-то образом, называется **поляризованным**. В частности, если колебания происходят в одной плоскости, перпендикулярной лучу, свет называется **плоскополяризованным**.

Если появляется преимущественное направление колебаний, то свет называется **частично поляризованным**.

Степень поляризации определяется формулой

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

где $I_{\max}$ и $I_{\min}$ - соответственно максимальная и минимальная интенсивности света, соответствующие двум взаимно перпендикулярным компонентам вектора $\vec{E}$. Для естественного света $I_{\max} = I_{\min}$ и $P = 0$, для плоскополяризованного $I_{\min} = 0$ и $P = 1$.

При падении естественного света на границу двух диэлектриков отражённый и преломленный лучи всегда частично поляризованы. В отраженном луче преобладают колебания светового вектора, перпендикулярные плоскости падения – это **скользящая составляющая** E_s вектора $\vec{E}$. В преломленном луче преобладают колебания светового вектора, параллельно плоскости падения – это **секущая составляющая** E_p вектора $\vec{E}$ (рисунок 1).

Степень поляризации отражённого луча зависит от угла падения и относительного показателя преломления.

Согласно **закону Брюстера** при падении света на границу двух диэлектриков под углом, тангенс которого равен относительному показателю преломления второй среды относительно первой, отражённый луч полностью поляризован (содержит только колебания, перпендикулярные плоскости падения). При этом преломленный луч поляризуется максимально, но

$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha_B = n_{2,1}}, \quad (2)$$

где α_B - угол Брюстера, т.е. угол полной поляризации. В этом случае направления прошедшего и отражённого лучей взаимно перпендикулярны.

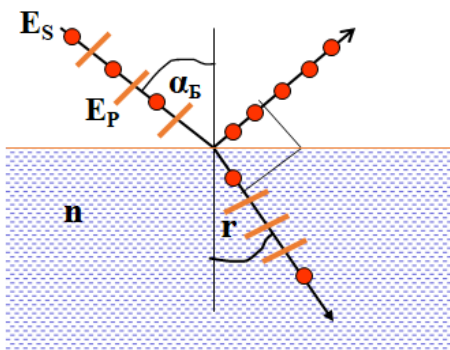


Рисунок 1 – Ход лучей при падении света под углом Брюстера

Степень поляризации преломленного света может быть значительно повышена путем многократного преломления при условии падения света каждый раз на границу раздела под углом Брюстера. Например, после преломления на стопе стеклянных пластин, называемой «стопа Столетова».

Если плоскополяризованный свет, интенсивностью I_0 проходит через поляризатор, то его интенсивность I определяется **законом Малюса**:

$$\boxed{I = I_0 \cos^2 \varphi}, \quad (3)$$

где φ - угол между плоскостью колебания светового вектора в луче и плоскостью поляризации поляризатора.

Описание установки и методика проведения эксперимента

Принципиальная схема установки (рисунок 2) для изучения поляризации света при отражении, состоит из гониометра, осветителя с блоком питания, диэлектрической пластины или стопы стеклянных пластин, поляроида, фотоэлемента, гальванометра.

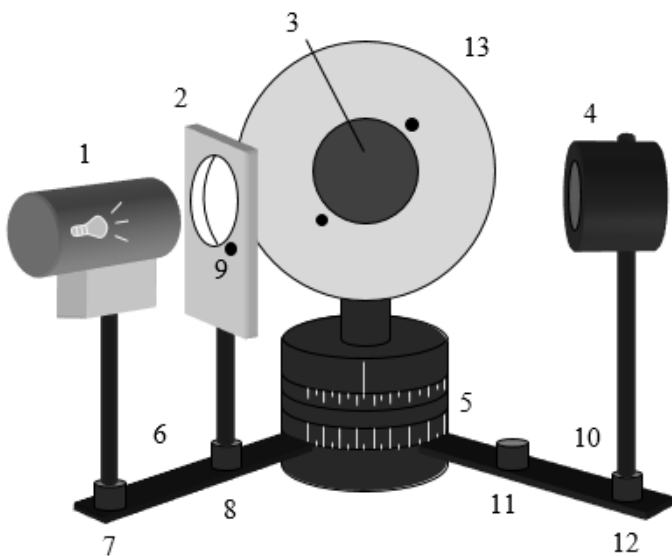


Рисунок 2 - Гониометр

Естественный (неполяризованный) луч от источника света **1**, проходя через поляририд **2**, становится плоскополяризованным. Попадая на пластинку диэлектрика **3** и отражаясь, достигает фотоэлемента **4**.

Для регистрации интенсивности света, отраженного от диэлектрика, используется вентильный фотоэлемент **4**. **Фототок пропорционален интенсивности падающего на фотоэлемент света.** Величину фототока регистрируют гальванометром. Вращением поляроида **2** вокруг горизонтальной оси добиваются условия, при котором световой вектор волны, падающей на диэлектрик, лежит в плоскости падения – секущая составляющая вектора $\vec{E}$. При угле падения, равном углу Брюстера, отраженный свет будет отсутствовать (при идеальном затемнении), а в реальных лабораторных условиях – интенсивность света минимальная. Гониометр предназначен для установки объектов с возможностью поворота вокруг вертикальной оси, а также отсчета углов падения и отражения света. Лимб гониометра **5** состоит из трёх дисков одинакового диаметра, закреплённых на вертикальной оси. К среднему неподвижному диску прикреплён кронштейн **6**, на котором в гнездо **7** устанавливается осветитель **1**, а в гнездо **8** поляроид **2**. Поляроид можно поворачивать вокруг горизонтальной оси с помощью винта **9**, а угол поворота измеряют по шкале поляроида.

Верхний и нижний диски свободно вращаются относительно вертикальной оси. К нижнему диску прикреплён кронштейн **10**, в гнезда которого **11** и **12** устанавливаются поляроид **2** и вентильный фотоэлемент **4**. На верхнем диске во вращающейся ширме **13**, устанавливают исследуемый диэлектрик **3**.

Угловые координаты указателей верхнего и нижнего дисков отсчитывают по шкале, нанесённой на среднем диске.

Интенсивность отражённого света оценивается по фототоку, протекающему через гальванометр.

Поскольку фототок (J) пропорционален интенсивности света (I), формулу (1) можно записать в виде

$$P = \frac{J_{\max} - J_{\min}}{J_{\max} + J_{\min}}. \quad (4)$$

Величину тока в цепи лампы осветителя, а следовательно, и интенсивность естественного света, регулируют реостатом, установленном в блоке питания.

Порядок выполнения работы

ЗАДАНИЕ 1. Определение направления плоскости поляризации поляроида, угла Брюстера и показателя преломления **непрозрачного** диэлектрика.

1. Установить поляроид **2** между осветителем **1** и диэлектриком **3 (черное зеркало)** в гнездо **8** (рисунок 2). Открыть фотоприёмную часть вентильного фотозлемента **4** и измерить величину фототока J_{ϕ} , соответствующего фоновой освещенности (занести в таблицу 1).
2. Включить питание осветителя.
3. Установить угол падения луча $\alpha = 45^\circ$.
4. Поворачивая кронштейн **10** гониометра, установить на лимбе гониометра угол 2α (поскольку угол падения равен углу отражения).
5. Плавно поворачивая поляроид **2** вокруг горизонтальной оси, добиться минимальной интенсивности отраженного луча, то есть найти положение, при котором показания гальванометра (величина фототока) минимальны. Это значит, что в

падающей на диэлектрик световой волне преобладает секу-
щая составляющая вектора $\vec{E}$.

6. Изменяя угол падения α (через **2,5°**) в интервале от 45 до 60 градусов измерить для каждого угла величину фототока J_1 . Результаты занести в таблицу 1. При этом каждый раз кронштейн **10** устанавливать на угол 2α .
7. Для каждого измеренного фототока определить истинное значение J по формуле $J = J_1 - J_\phi$.

Результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1

$J_\phi =$								
α	град.	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
J_1	мкА							
J	мкА							
$\alpha_B =$				$n_{2,1} =$				

8. Построить график зависимости фототока от угла падения света

$$J = f(\alpha).$$

9. Определить по графику угол поворота образца, при котором достигается минимальное значение фототока, что соответствует углу Брюстера α_B . По формуле (2) вычислить показатель преломления диэлектрика $n_{2,1}$. Занести данные в таблицу 1.

ЗАДАНИЕ 2. Проверка закона Малюса

1. Диэлектрик **3** (черное зеркало) установить под углом Брюстера (α_B), полученного в первом задании.
2. Поляроид **2** установить на пути отражённого луча - в гнездо **11** кронштейна **10** (рисунок 2).
3. Вращая поляроид вокруг горизонтальной оси, добиться максимального отклонения стрелки гальванометра. Угол на лимбе, соответствующий максимальному значению фототока J_{max} , считать началом отсчета углов. Принимаем значение угла по лимбу поляроида за нулевое, а $J_{max} = J_0$.
4. Поворачивая от этого угла поляроид через каждые **20°** в пределах от 0 до **180°**, измерить показания гальванометра (J_1) для всех углов и занести их в таблицу 2.
5. Для каждого измеренного фототока J_1 определить истинное значение по формуле $J = J_1 - J_\phi$ (величину J_ϕ взять из таблицы 1).
6. Вычислить отношение J/J_0 , учитывая, что при $\varphi = 0^\circ$ $J = J_0$.

Таблица 2

φ град	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
J_1 мкА										
J мкА										
J / J_0										
$\cos^2 \varphi$										

7. На заготовленной координатной сетке в полярных координатах построить график экспериментальной зависимости

$$J/J_0 = f(\varphi).$$

Для этого надо выбрать начало отсчёта, и из

него провести радиус-векторы через каждые **20°**, начиная

с $\varphi = 0^\circ$ до $\varphi = 180^\circ$. На каждом радиус-векторе отложить

отрезки, равные величине J / J_0 при данном угле φ в

некотором масштабе.

8. На этом же чертеже построить теоретическую зависимость

$$J/J_0 = f(\cos^2 \varphi).$$

9. Сравнить теоретическую и экспериментальную зависимости и сделать выводы.

ЗАДАНИЕ 3. Определение степени поляризации отражённого света

1. Вместо черного зеркала **3** установить прозрачный диэлектрик (рисунок 2).
2. Изменяя угол падения α (через 5°) в интервале от 40 до 75 градусов измерить для каждого угла величину максимального $J_{\max}$ и минимального $J_{\min}$ фототока. Результаты занести в таблицу 3.
3. По формуле (4) для каждого угла падения вычислить степень поляризации.
4. Построить график зависимости степени поляризации от угла падения света $P = f(\alpha)$. Угол, соответствующий максимальной степени поляризации, является углом Брюстера α_B .
5. По формуле (2) найти показатель преломления прозрачного диэлектрика.

Таблица 3

α	град.	40	45	50	55	60	65	70	75
$J_{\max}$	мкА								
$J_{\min}$	мкА								
P	--								

6. Установить вентильный фотоэлемент на пути преломленного луча под углом $2\alpha_B + 90^0$ (см. рисунок 1)

7. Вращением поляроида вокруг горизонтальной оси получить максимальное J_{max} и минимальное J_{min} значения фототока.

По формуле (4) для данного угла вычислить степень поляризации. Оценить степень поляризации преломленного луча. Сделать вывод.

ЗАМЕЧАНИЕ: По заданию преподавателя можно повторить все упражнения для прозрачного диэлектрика и в проходящем свете для **стопы Столетова**.

Контрольные вопросы

1. Описать ход работы, объясняя смысл всех операций. Знать все обозначения, используемые в таблицах
2. Что представляет собой свет с точки зрения электромагнитной теории?
3. Чем отличается поляризованный свет от естественного?
4. Какой свет называется плоскополяризованным?
5. Сформулировать закон Малюса.
6. Сформулировать закон Брюстера.
7. Что называется степенью поляризации?
8. Какие способы получения поляризованного света вы знаете?

Список литературы

1. Благин А.В. Физика для инженеров / А.В. Благин, Т.С. Беликова, Т.П. Жданова и др. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2022. –601с.
2. Грабовский Р.И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Р.И. Грабовский – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 609с.
3. Трофимова, Т. И., Физика. В таблицах и формулах: учебное пособие / Т. И. Трофимова. — Москва : КноРус, 2023. — 447 с.

Инструкция по технике безопасности

1. При работе с электрическими схемами соблюдать правила безопасности, избегать коротких замыканий и перегрузок.
2. Категорически запрещается касаться руками или другими предметами зажимов цепи, находящихся под напряжением.
3. По окончании работы обязательно отключить электрическую схему от источника напряжения.