**минобрнауки России**

**Санкт-Петербугский государственный электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» Им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра физики**

**Физика**

**Лабораторная работа № 7 по теме**

**«Исследование частично-поляризованного света»**

**Вариант 13**

Выполнил: студент гр. №3586 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сидоров Антон Дмитриевич

Проверила: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Посредник Олеся Валерьевна

Санкт-Петербург

2024

**Содержание**

[1 Общие положения 3](#_Toc180446941)

[1.1 Цель работы 3](#_Toc180446942)

[1.2 Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка) 3](#_Toc180446943)

[2 Основные теоретические положения 4](#_Toc180446944)

[2.1 Общие сведения 4](#_Toc180446945)

[2.2 Ответы на контрольные вопросы 10](#_Toc180446946)

[2.2.1 Вопрос 1 – Вопрос 36 10](#_Toc180446947)

[2.2.2 Вопрос 2 – Вопрос 12 12](#_Toc180446948)

[3 Указания к работе 15](#_Toc180446949)

[3.1 Указания по подготовке к работе 15](#_Toc180446950)

[3.2 Указания по выполнению работы 15](#_Toc180446951)

[3.3 Указания по обработке эксперимента 16](#_Toc180446952)

[4 Результаты работы 17](#_Toc180446953)

[4.1 Наблюдения 17](#_Toc180446954)

[4.2 Формулы 17](#_Toc180446955)

[4.3 Расчёты и погрешности 17](#_Toc180446956)

[4.4 Результаты расчёта погрешностей 20](#_Toc180446957)

[5 Вопросы на защиту 21](#_Toc180446958)

[5.1 Двойное лучепреломление, «» и «». «» и «» кристаллы 21](#_Toc180446959)

[5.2 Эффект Коттона-Мутона (Искусственная анизотропия) 25](#_Toc180446960)

[5.3 №26. IdzPolyarization 26](#_Toc180446961)

[1 Вывод 28](#_Toc180446962)

# **Общие положения**

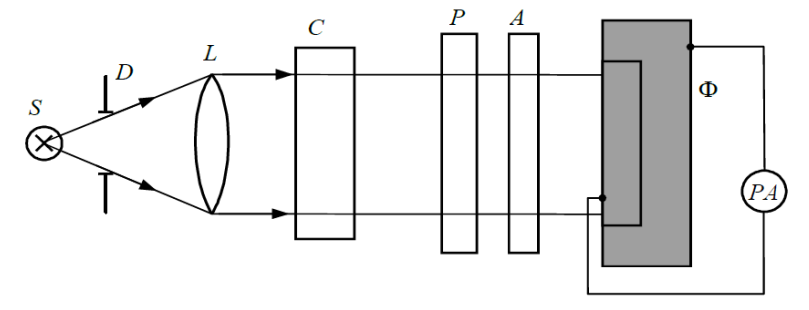
В данном разделе описаны общие положения, связанные с заданием.

## **Цель работы**

Цель данной работы является определение степени поляризации частично поляризованного света с использованием поляризатора и анализатора.

## **Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка)**

Экспериментальная установка показана на рисунке 1 и состоит из источника естественного света (лампа накаливания), диафрагмы , линзы , сменных светофильтров (красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый), двух идентичных поляроидов: поляризатора P и анализатора A, фотоэлемента и миллиамперметра . В работе используются несовершенные поляроиды, поэтому свет на выходе поляризатора и анализатора частично поляризован. Угол между главными сечениями поляризатора и анализатора можно менять вращением анализатора вокруг оси, совпадающей с оптической осью установки.



1. Установка для анализа частично поляризованного света

Сила тока в цепи фотоэлемента пропорциональна интенсивности света , падающего после анализатора на фотоэлемент, которая измеряется в условных единицах (в делениях шкалы миллиамперметра).

# **Основные теоретические положения**

В данном разделе представлены теоретические сведения для выполнения работы.

## **Общие сведения**

Под *поляризацией* поперечных электромагнитных () волн понимают поведение конца электрического вектора при прохождении ЭМ-волной фиксированной точки пространства. Продольные волны не имеют поляризации. Общим случаем поляризации поперечных волн является *эллиптическая*. В этом случае ЭМ-волна представляет собой спиральную волну, в сечении которой, перпендикулярном направлению распространения волны, конец электрического вектора описывает эллипс, ориентированный по или против часовой стрелки. Частными случаями эллиптической поляризации является *круговая и плоская*. В случае волны с плоской поляризацией одна из полуосей эллипса рана нулю и волна лежит в плоскости, проходящей через направление ее распространения. Все устройства, используемые для получения поляризованного света, называют *поляризаторами*.

Волна, в которой электрический вектор хаотически изменяет свое направление, в плоскости, перпендикулярной направлению ее распространения, называется *неполяризованной*. Примером такой волны является обычный или *естественный свет*. Смесь поляризованного и неполяризованного света называют частично *поляризованным светом*.

Для получения поляризованного света используют различные физические явления. Одним из таких явлений является отражение света на границе раздела двух сред под углом Брюстера , под которым понимают угол падения α1 , который вместе с углом преломления удовлетворяет условию: . Луч света, отраженный под углом Брюстера, полностью *линейно поляризован* в плоскости, перпендикулярной плоскости падения луча.

Однако такой способ получения линейно поляризованного света не применяют на практике из-за низкой интенсивности отраженного луча и разброса направлений отражения лучей около направления угла Брюстера из-за шероховатости отражающей поверхности. Так что детектор в результате будет регистрировать частично поляризованный свет.

Наибольшее применение для получения поляризованного света получило явление *двойного лучепреломления*, которое возникает при падении светового луча под произвольным углом к границе *одноосного кристалла*, *оптическая ось* которого произвольно ориентирована к его границе. Любая плоскость параллельная направлению оптической оси кристалла, называется *главным сечением кристалла*. Обычно используют главное сечение, проходящее через световой луч. В случае двойного лучепреломления внутри кристалла возникают два преломленных луча: *обыкновенный и необыкновенный*, линейно поляризованных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Обыкновенный луч подчиняется обычному закону преломления и поляризован в плоскости, перпендикулярной главному сечению кристалла, а необыкновенный – не подчиняется и поляризован в плоскости главного сечения.

Для выделения одного из линейно поляризованных лучей надо на выходе кристалла поставить заслонку на пути другого. Но это сделать трудно из-за близости лучей, выходящих из кристалла. Поэтому для устранения одного из лучей используют другие физические явления, например явление полного внутреннего отражения одного из лучей на границе склейки двух двояко преломляющих призм, изготовленных из одного материала. На этом принципе работает *призма Николя* или *николь*.

Для получения света с произвольной поляризацией на выходе одноосного кристалла его границу срезают параллельно его оптической оси. Вырезанный таким способом кристалл называют фазосдвигающей () пластинкой. Если падающий на пластинку луч света направить перпендикулярно к ее границе, то внутри пластинки возникнут две волны (обыкновенная и необыкновенная), поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, распространяющиеся в одном направлении с разными скоростями.

Из-за различия скоростей две плоско поляризованные волны приобретут на выходе кристалла относительную разность фаз , зависящую от толщины пластинки. При сложении двух взаимно перпендикулярных линейно поляризованных сдвинутых по фазе волн на выходе ФС пластинки возникает спиральная эллиптически поляризованная волна. При сдвиге фаз между волнами внутри пластинки на величину , где , на ее выходе возникнет линейно или плоско поляризованная волна.

Однако, подобрать точно толщину пластинки, обеспечивающую заданную разность фаз между двумя волнами технологически довольно сложно. И это делается только в случае ответственных экспериментов. Поэтому для получения линейно поляризованного света используют одноосные кристаллы, обладающие *свойством оптического дихроизма*, которые поглощают волны с колебаниями, перпендикулярными к оптической оси кристалла. Такие кристаллы называют *поляроидами*. На практике в качестве поляроидов используют пластинки, в которых есть явление оптического дихроизма.

На выходе поляроида всегда будет линейно поляризованный свет в плоскости главного сечения кристалла. Свойством оптического дихроизма обладают: турмалин, слюда и некоторые полимерные пленки. В полимерных пленках создается искусственная оптическая ось в направлении деформации пленки. Поляроиды являются наиболее простыми и дешевыми устройствами для получения линейно поляризованного света.

В данной работе для получения линейно поляризованного света используют поляроиды на основе полимерных пленок. Оптические оси поляроидов лежат в параллельных плоскостях, перпендикулярных направлению распространения пучка света от его источника. Первый по ходу луча света поляроид называют *поляризатором*, а второй однотипный поляризатор – *анализатором*.

Пусть на поляризатор перпендикулярно его оптической оси падает линейно поляризованный свет с амплитудой электрического вектора , составляющего с его оптической осью угол . Поляроид спроецирует электрический вектор на направление его оптической оси и на его выходе будет линейно поляризованная волна с амплитудой . Колебания, перпендикулярные оптической оси, поглотятся. Интенсивность линейно поляризованной волны, вышедшей из поляризатора, будет равна . Это *закон Малюса*.

Если на поляризатор падет естественный свет с хаотической ориентацией электрического вектора к оптической оси поляризатора в интервале (0,2π) , то с учетом, что среднее значение , получим для интенсивности линейно поляризованного света на выходе поляризатора . Если этот линейно поляризованный свет направить на анализатор, оптическая ось которого составляет с направлением оптической оси поляризатора угол , то на его выходе в соответствии с законом Малюса будет линейно поляризованный свет с интенсивностью . При параллельных осях поляризатора и анализатора () на выходе системы двух поляризаторов будет свет с максимальной интенсивностью , а при взаимно перпендикулярных осях () – с минимальной интенсивностью .

Поляризаторы частично отражают и поглощают свет. Если долю интенсивности этого света обозначить k, то каждый поляризатор пропустит долю интенсивности, равную (), и закон Малюса с учетом потерь интенсивности света будет иметь вид .

Идеальных поляроидов не бывает, поэтому при падении на него естественного света на его выходе будет частично поляризованный свет с интенсивностью , где и – интенсивности поляризованной и неполяризованной (естественной) составляющих. Величину

(1)  
называют *степенью поляризации света*. Она изменяется в пределах  
 , где соответствует полностью поляризованному свету, а – неполяризованному.

Если на поляризатор падает естественный свет с интенсивностью , то интенсивность света, прошедшего через поляризатор, можно представить в виде

(2)  
где .

Из этих двух уравнений получим, что и . Тогда степень поляризации света (1) можно записать в виде

(3)

Однако при наличии потерь интенсивности света в поляризаторе детектор будет регистрировать интенсивность света, , и определяемая в опыте степень поляризации будет равна

(4)

Истинная и экспериментальная степени поляризации согласно (3) и (4) связаны соотношением

(5)

Откуда следует, что для определения надо знать параметр .   
При , .

Рассмотрим систему двух однотипных поляризаторов. . На выходе анализатора будет также частично поляризованный свет, с новой интенсивностью неполяризованной составляющей . Оставшаяся часть неполяризованной составляющей с интенсивностью . − будет преобразована в поляризованный свет в соответствии с законом Малюса. В результате получим на выходе анализатора свет с интенсивностью

(6)

При параллельных () и взаимно перпендикулярных () осях поляризатора и анализатора на его выходе согласно (2) будет соответственно свет с интенсивностями

, (7)

Рассмотрим параметр

(8)  
который не зависит от потерь интенсивности света в двух поляризаторах и с учетом с достаточной степенью точности позволяет определить степень поляризации света на выходе первого поляризатора.

Если степень поляризации света определить по формуле (8), то формула (5) позволяет найти коэффициент потерь интенсивности света в каждом поляризаторе

(9)  
где вычисляется по формуле (4). В используемой в опыте установке поляризатор и анализатор жёстко закреплены на скамье, вдоль которой они передвигаются, и снять их со скамьи нельзя. Поэтому данная работа ограничивается только определением степени поляризации света по формуле (8), а не по формуле (3).

## **Ответы на контрольные вопросы**

В данном подразделе представлены ответы на контрольные вопросы.

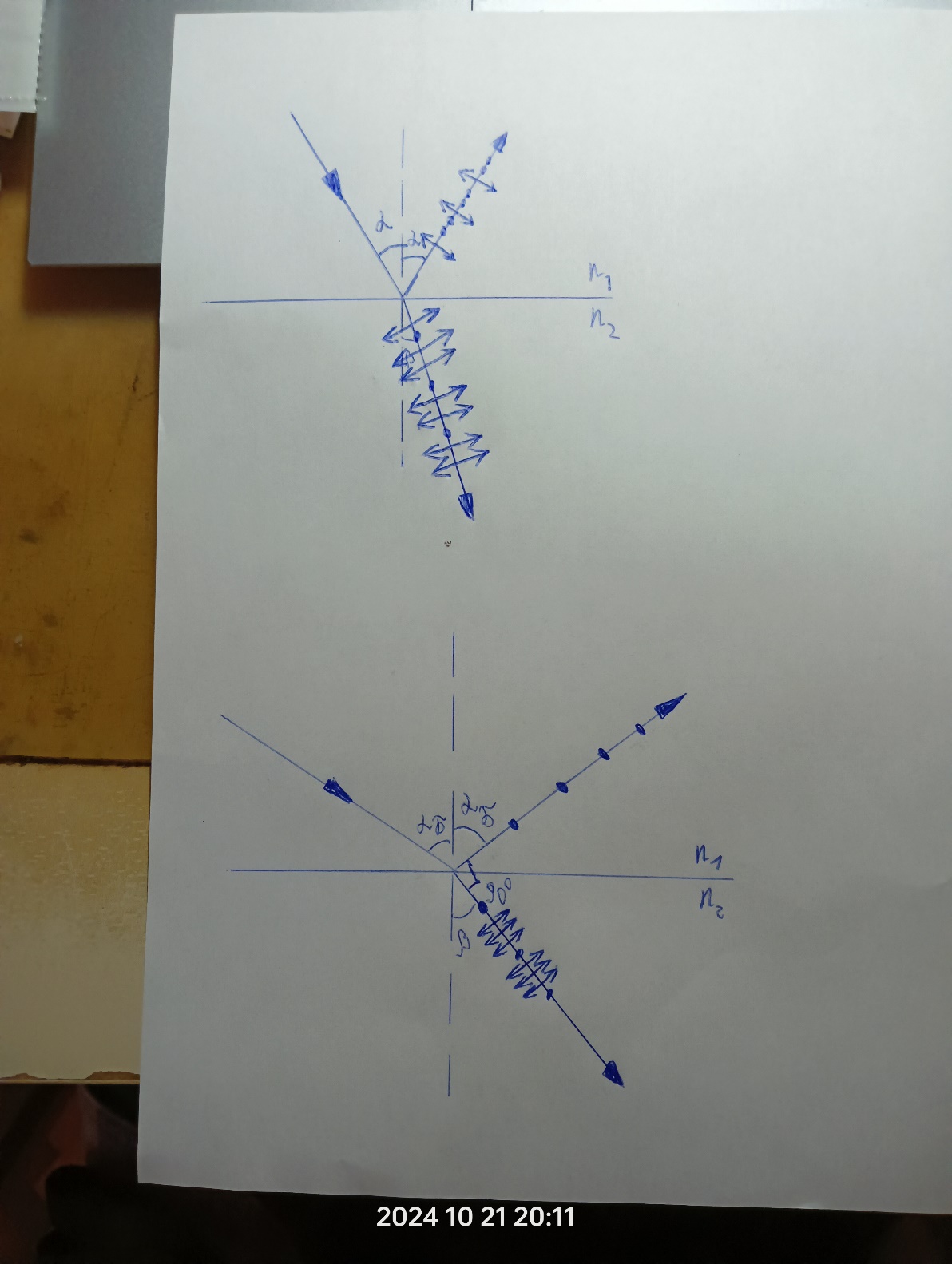
### **Вопрос 1 – Вопрос 36**

Естественный свет падает на поверхность стекла под углом Брюстера. Чему равна степень поляризации отраженных лучей?

(10)  
где – показатель преломления второй среды относительно первой), отражённый луч полностью поляризован (он содержит только колебания, перпендикулярные к плоскости падения). Степень поляризации преломлённого луча при угле падения, равном , достигает наибольшего значения, однако этот луч остаётся поляризованным только частично.

Соотношение (19( носит названия *закона Брюстера*. Угол называют *углом Брюстера* или *углом полной поляризации*. Легко проверить, что при падении под углом Брюстера отражённый и преломлённый луч взаимно перпендикулярны.

Поляризация света под произвольным углом представлена на рисунке 2.



1. Поляризация

Если луч падает на границу 2 сред по углом , удовлетворяющему условию , то отражённый луч оказывается *полностью поляризованным*. Преломлённый луч – *поляризован частично*. Угол – *угол Брюстера*.

Поляризация света под углом Брюстера представлена на рисунке 3.

Изображение выглядит как текст, бумага, Бумажное изделие, зарисовка

Автоматически созданное описание

1. Поляризация

Так как 2-ая среда стекло , а 1-ая воздух (принимается за воздух, так как не указана в условии задачи) , следовательно,

(11)

. (12)

Формулы для поляризации под углом Брюстера:

(13)

Из формул (11) видно, что , когда , следовательно – в отражённом луче есть колебания только перпендикулярные к плоскости падения. Получаем плоско-поляризованный свет.

(14)

Следовательно, (15)

Формула (13) – закон Брюстера, а – угол Брюстера. Если среда с является стеклом, а среда с является воздухом, то, согласно (11)

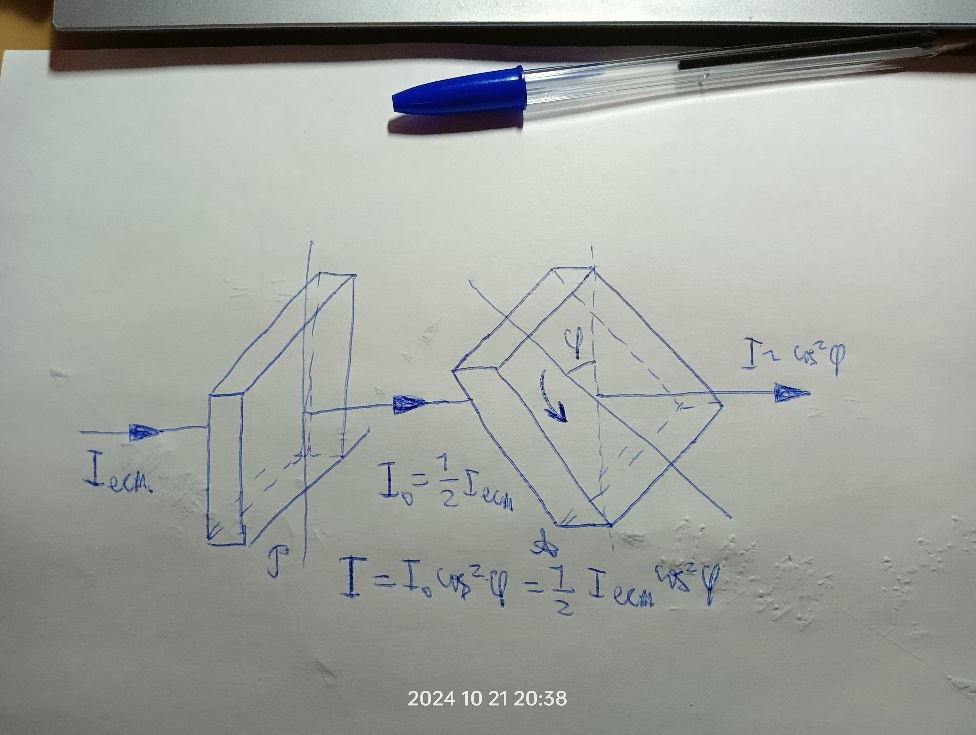
. (16)

### **Вопрос 2 – Вопрос 12**

Сформулируйте и запишите закон Малюса.

В 1809 году французский инженер Этъен Луи Малюс сформулировал закон, названный его именем.

Рассмотрим рисунок 4. Свет пропускается через 2 одинаковые пластинки из турмалина. Пластинки можно ориентировать относительно друг друга под разными углами.



1. Поляризация

Ниже представлены формулы, которые отображены на рисунке 4.

После 1-ого поляризатор:

(17)

(18)

2-ой поляризатор пропустит естественный свет:

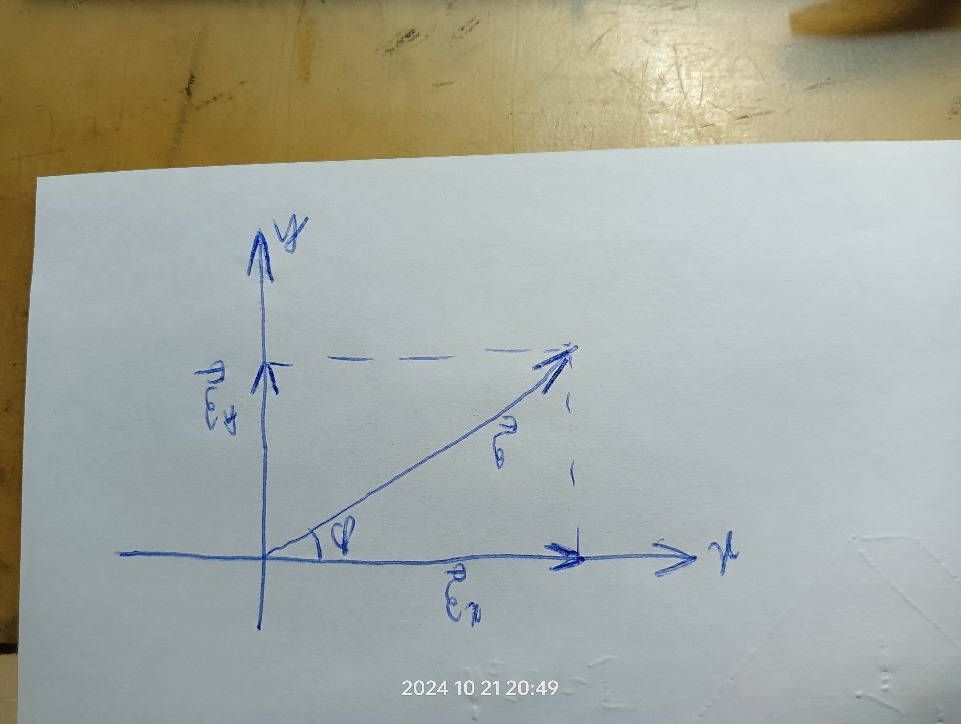
(19)

При :

(20)

При , , то есть поляризаторы скрещены и не пропускают свет.

Таким образом, закон Малюса объясняется на основе разложения вектора на составляющие, как представлено на рисунке 5.

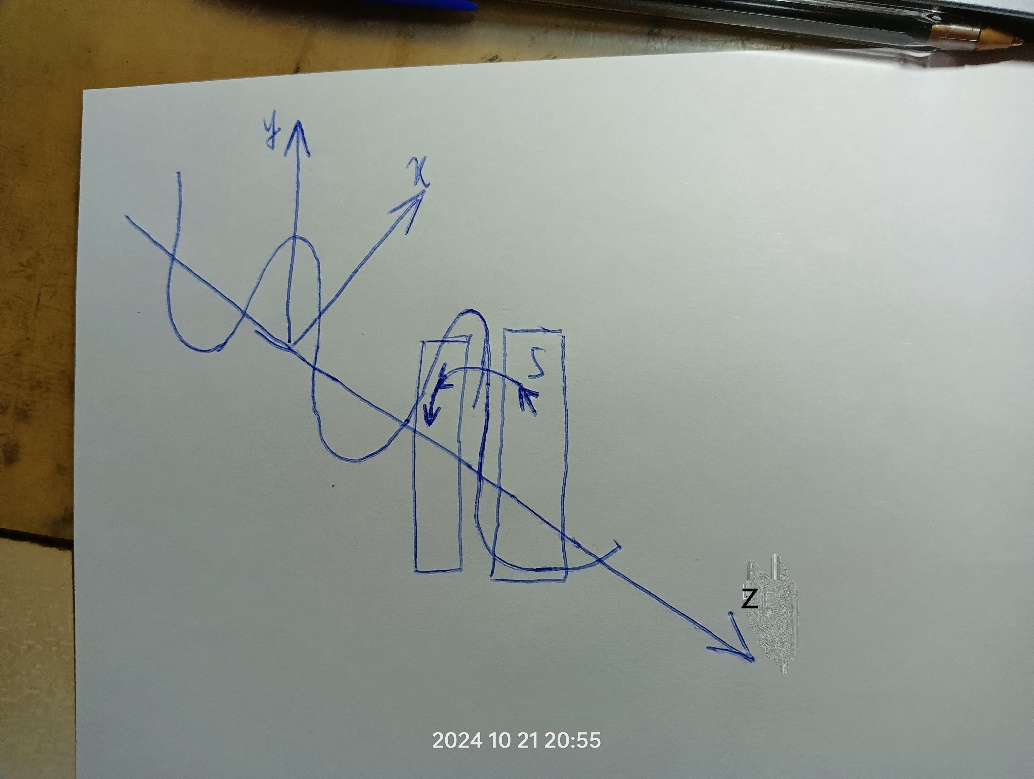


1. Разложения вектора E ⃗ на составляющие

С помощью разложения вектора на составляющие по осям можно объяснить закон Малюса

(21)

В поперечной волне направление колебаний и перпендикулярное ему направление не равноправны: поворот щели вызовет затухание волны. Проход волн через щель представлен на рисунке 6.



1. Проход поперечной волны через щель

пройдёт через поляризатор, а – не пройдёт. Так как , то и . Следовательно:

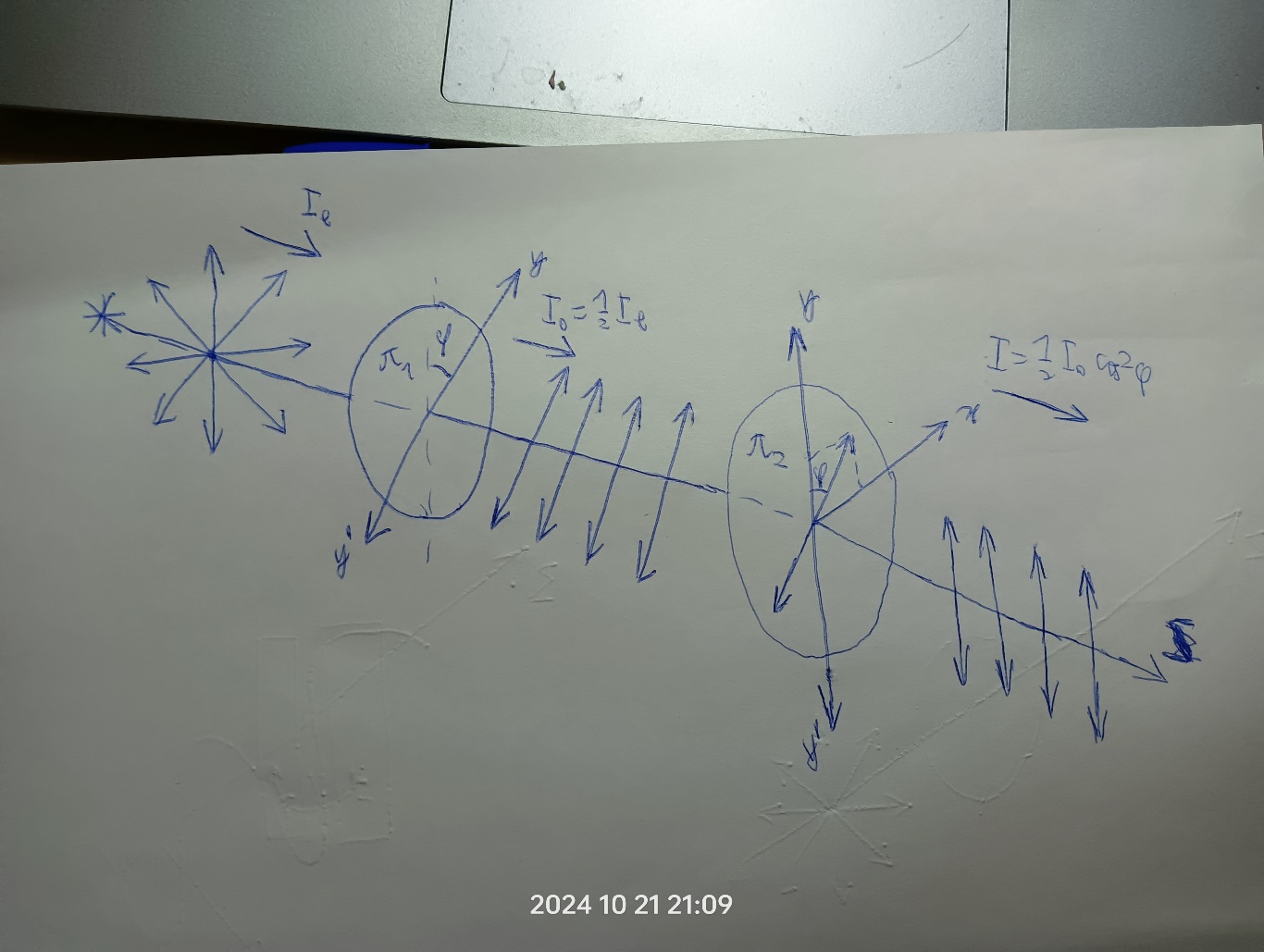
– *закон Малюса* (22)

В естественном свете все значения равновероятны и среднее значение

(23)

Интенсивность естественного света, после прохождения через поляризатор *уменьшится в 2 раза*.

Прохождение естественного света через два идеальных поляроида представлено на рисунке 7. – разрешённые направления поляроидов.



1. Прохождение света через идеальный поляроид

# **Указания к работе**

В данном разделе представлены указания для подготовке к работе, проведения работы и обработки результатов эксперимента.

## **Указания по подготовке к работе**

Создайте таблицу по форме таблица 1 для записи параметров установки и результатов наблюдений.

1. Определение степени поляризации света. , , , , . В таблице должно быть шесть позиций (по шесть измерений в каждой), соответствующих красному, оранжевому, желтому, зеленому, синему и фиолетовому цветам светофильтров

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Цвет** | **№** |  |  |  |  |
| Красный | 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |
| … | … |  |  |  |  |
| Фиолетовый | 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |

## **Указания по выполнению работы**

Указания по выполнению работы:

1. Включить установку (при этом одновременно включатся лампа и фотодиод совместно с миллиамперметром ) и с помощью переключателя светофильтров установить красный светофильтр.
2. Поворачивая анализатор, найти положения, соответствующие максимальному и минимальному показаниям миллиамперметра. При повороте анализатора на он пройдет через два максимума и два минимума интенсивности излучения, проходящего через анализатор. Сделав три полных оборота анализатора, запишите последовательно по показаниям миллиамперметра, соответствующих его минимальным и максимальным показаниям (в делениях его шкалы), в таблицу 1, в графы и .
3. Повторите измерения по п. 2 для других цветов светофильтров еще пять раз (по шесть измерений в каждом).

## **Указания по обработке эксперимента**

Указания по обработке эксперимента:

1. Выведите формулу приборной погрешности в таблицу 1.
2. Определите степень поляризации света с для каждого из шести светофильтров по выборкам объема с помощью стандартной процедуры обработки данных косвенных измерений выборочным методом (см. приложение к пособию).
3. Сопоставьте результаты измерений и сделайте заключение, какой из светофильтров обладает более высокими поляризующими свет свойствами.

# **Результаты работы**

В данном разделе указаны результаты работы и сведения о них.

Все рассчёты сделаны в Excel.

## **Наблюдения**

Результаты экспериментов и расчётов экспериментальных данных представлены в протоколе.

## **Формулы**

Формула для расчёта приборной погрешности:

(24)

## **Расчёты и погрешности**

Рассчёт погрешностей для красного цвета представлен в таблице 2.

1. Погрешности для красного цвета

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| 1 | 0,84 | 0,05 | -0,08 | 0,007 | 0,04 | 0,02 | Нет |
| 2 | 0,89 | 0,05 | -0,02 | 0,001 | 0,04 | 0,02 | Нет |
| 3 | 0,95 | 0,05 | 0,03 | 0,001 | 0,04 | 0,02 | Нет |
| 4 | 0,94 | 0,06 | 0,03 | 0,001 | 0,04 | 0,02 | Нет |
| 5 | 0,95 | 0,05 | 0,03 | 0,001 | 0,04 | 0,02 | Нет |
| 6 | 0,95 | 0,05 | 0,03 | 0,001 | 0,04 | 0,02 | Нет |
| **Среднее** | 0,9194 | 0,05 |  |  | 0,04 | 0,02 |  |
| **Сумма** |  |  |  | 0,010 |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёт погрешностей для оранжевого цвета представлен в таблице 3.

1. Погрешности для оранжевого цвета

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| 1 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,011 | 0,005 | Нет |
| 2 | 0,96 | 0,02 | -0,01 |  | 0,011 | 0,005 | Нет |
| 3 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,011 | 0,005 | Нет |
| 4 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,011 | 0,005 | Нет |
| 5 | 0,96 | 0,02 | -0,01 |  | 0,011 | 0,005 | Нет |
| 6 | 0,96 | 0,02 | -0,01 |  | 0,011 | 0,005 | Нет |
| **Среднее** | 0,9691 | 0,02 |  |  | 0,011 | 0,005 |  |
| **Сумма** |  |  |  | 0,001 |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёт погрешностей для жёлтого цвета представлен в таблице 4.

1. Погрешности для жёлтого цвета

| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,009 | 0,003 | Нет |
| 2 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,009 | 0,003 | Нет |
| 3 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,009 | 0,003 | Нет |
| 4 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,009 | 0,003 | Нет |
| 5 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,009 | 0,003 | Нет |
| 6 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,009 | 0,003 | Нет |
| **Среднее** | 0,9726 | 0,02 |  |  | 0,009 | 0,003 |  |
| **Сумма** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёт погрешностей для зелёного цвета представлен в таблице 5.

1. Погрешности для зелёного цвета

| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,008 | 0,003 | Нет |
| 2 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,008 | 0,003 | Нет |
| 3 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,008 | 0,003 | Нет |
| 4 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,008 | 0,003 | Нет |
| 5 | 0,98 | 0,02 | 0,01 |  | 0,008 | 0,003 | Нет |
| 6 | 0,97 | 0,02 | -0,01 |  | 0,008 | 0,003 | Нет |
| **Среднее** | 0,9731 | 0,02 |  |  | 0,008 | 0,003 |  |
| **Сумма** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёт погрешностей для синего цвета представлен в таблице 6.

1. Погрешности для синего цвета

| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,92 | 0,08 | -0,03 | 1,2E-03 | 0,038 | 0,016 | Нет |
| 2 | 1,00 | 0,09 | 0,05 |  | 0,038 | 0,016 | Нет |
| 3 | 0,98 | 0,08 | 0,03 |  | 0,038 | 0,016 | Нет |
| 4 | 0,98 | 0,08 | 0,03 |  | 0,038 | 0,016 | Нет |
| 5 | 0,92 | 0,08 | -0,03 |  | 0,038 | 0,016 | Нет |
| 6 | 0,92 | 0,08 | -0,03 |  | 0,038 | 0,016 | Нет |
| **Среднее** | 0,9545 | 0,08 |  |  | 0,038 | 0,016 |  |
| **Сумма** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

## **Результаты расчёта погрешностей**

Результаты расчёта погрешностей представлены в таблице 7.

1. Погрешности

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Цвет** |  |  |  |  |  |  |
| Красный | 0,9194 | 0,05 | 0,0477 | 0,1015 | 0,92±0,1 | 11,04% |
| Оранжевый | 0,9691 | 0,02 | 0,0119 | 0,0325 | 0,97±0,03 | 3,35% |
| Жёлтый | 0,9726 | 0,02 | 0,0090 | 0,0254 | 0,97±0,03 | 2,62% |
| Зелёный | 0,9731 | 0,02 | 0,0087 | 0,0249 | 0,97±0,02 | 2,56% |
| Синий | 0,9545 | 0,08 | 0,0406 | 0,1227 | 0,95±0,12 | 12,85% |

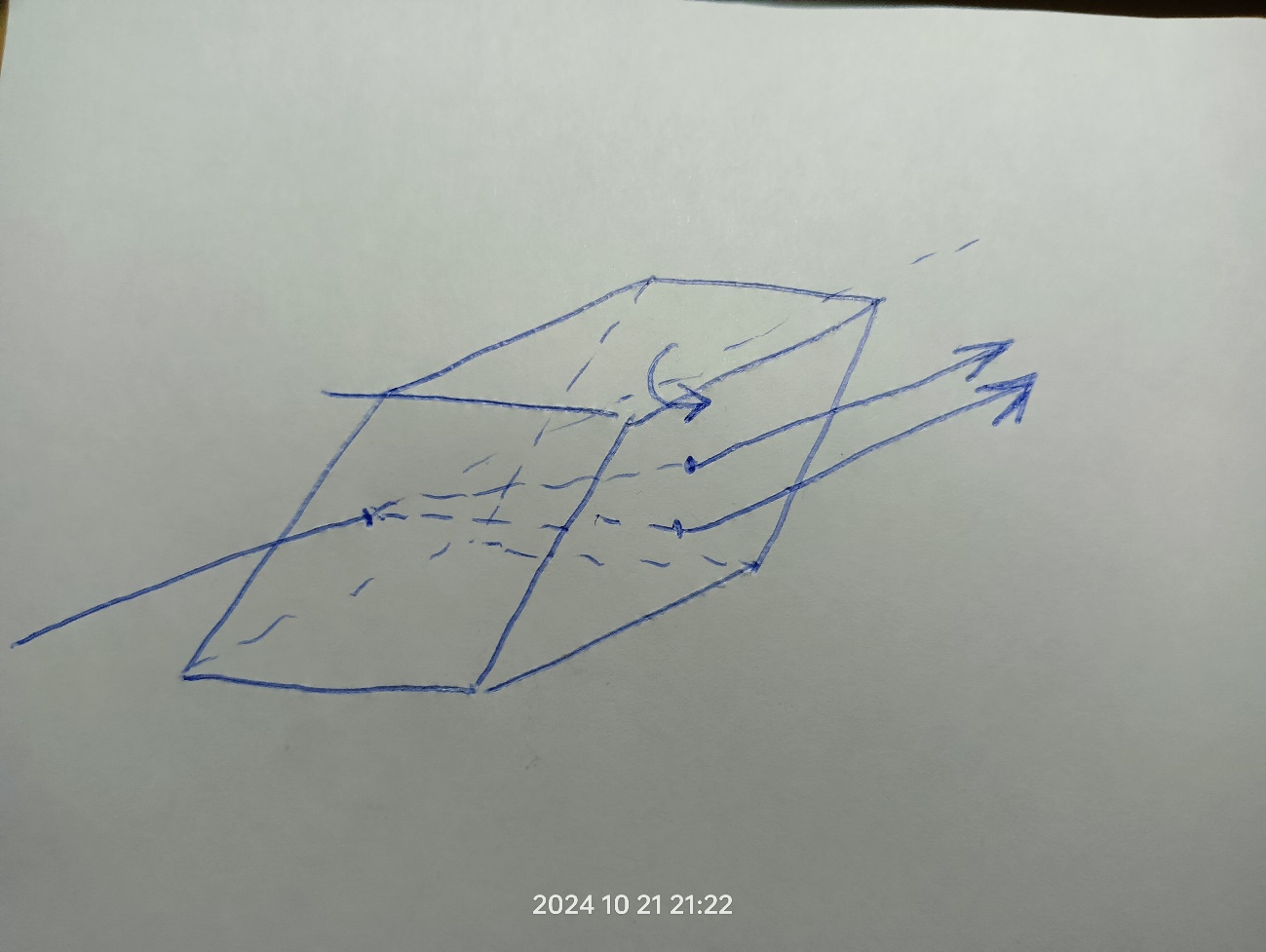
# **Вопросы на защиту**

В данном разделе представлены ответы на вопросы, заданные на защиту.

## **Двойное лучепреломление, «» и «». «» и «» кристаллы**

В 1669 году датский учёный *Эразм Бартолин* опубликовал работу, в которой сообщил об открытии нового физического явления – *двойного лучепреломления*.

В кристалле исландского шпата Бартолин обнаружил, что *луч внутри кристалла расщепляется на 2 луча*, как показано на рисунке 8.



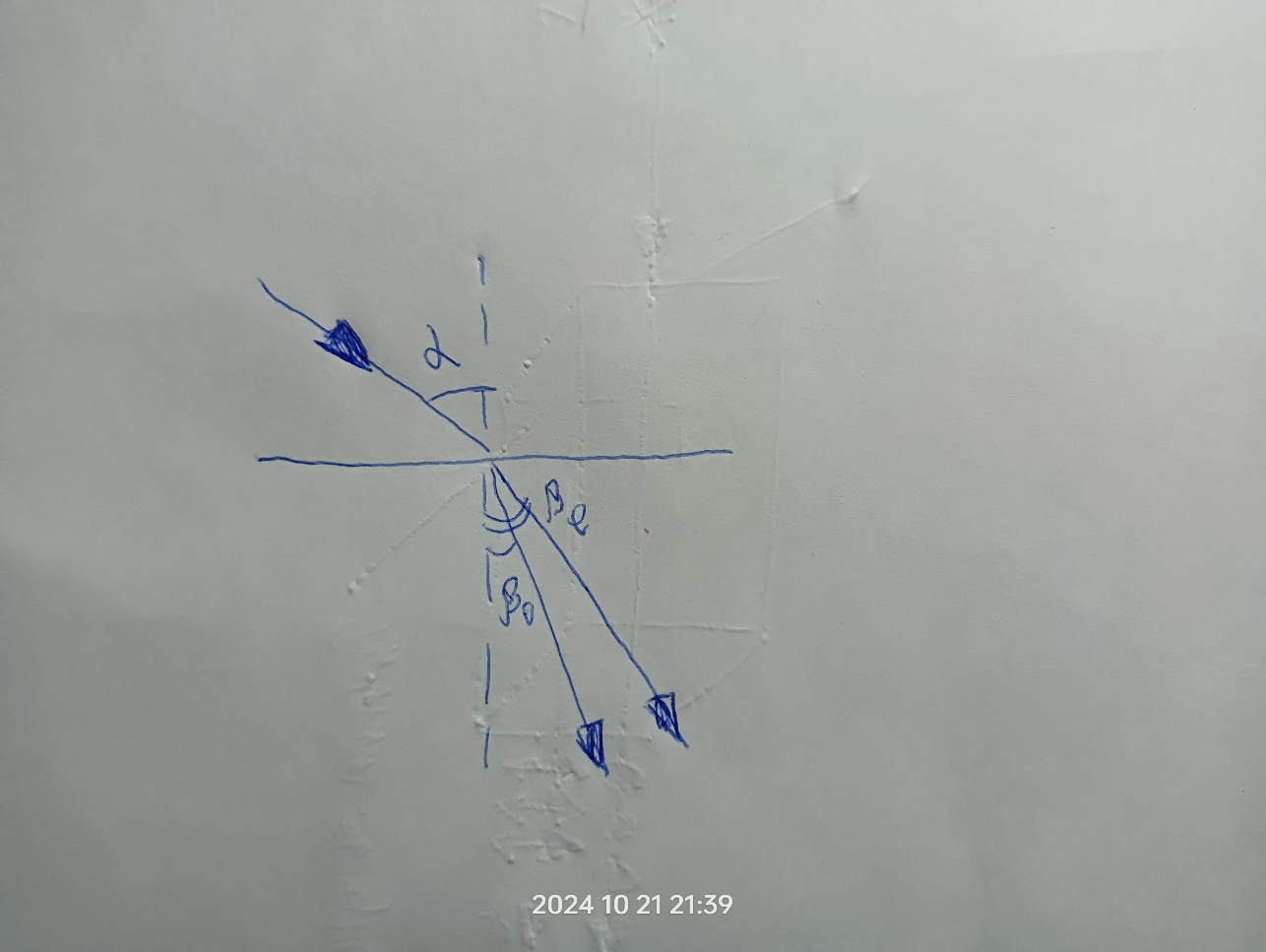
1. Двойное лучепреломление

Объяснение этого явления дал современник Бартолина – голландский учёный *Христиан Гюйгенс*. Расщепление луча света, проходящего через *исландский шпат*, связано с *анизотропией кристалла*. *У анизотропных кристаллов имеется оптическая ось*. Плоскость, проходящая через *оптическую ось* – *главное сечение кристалла*.

*Закон преломления Снеллиуса:*

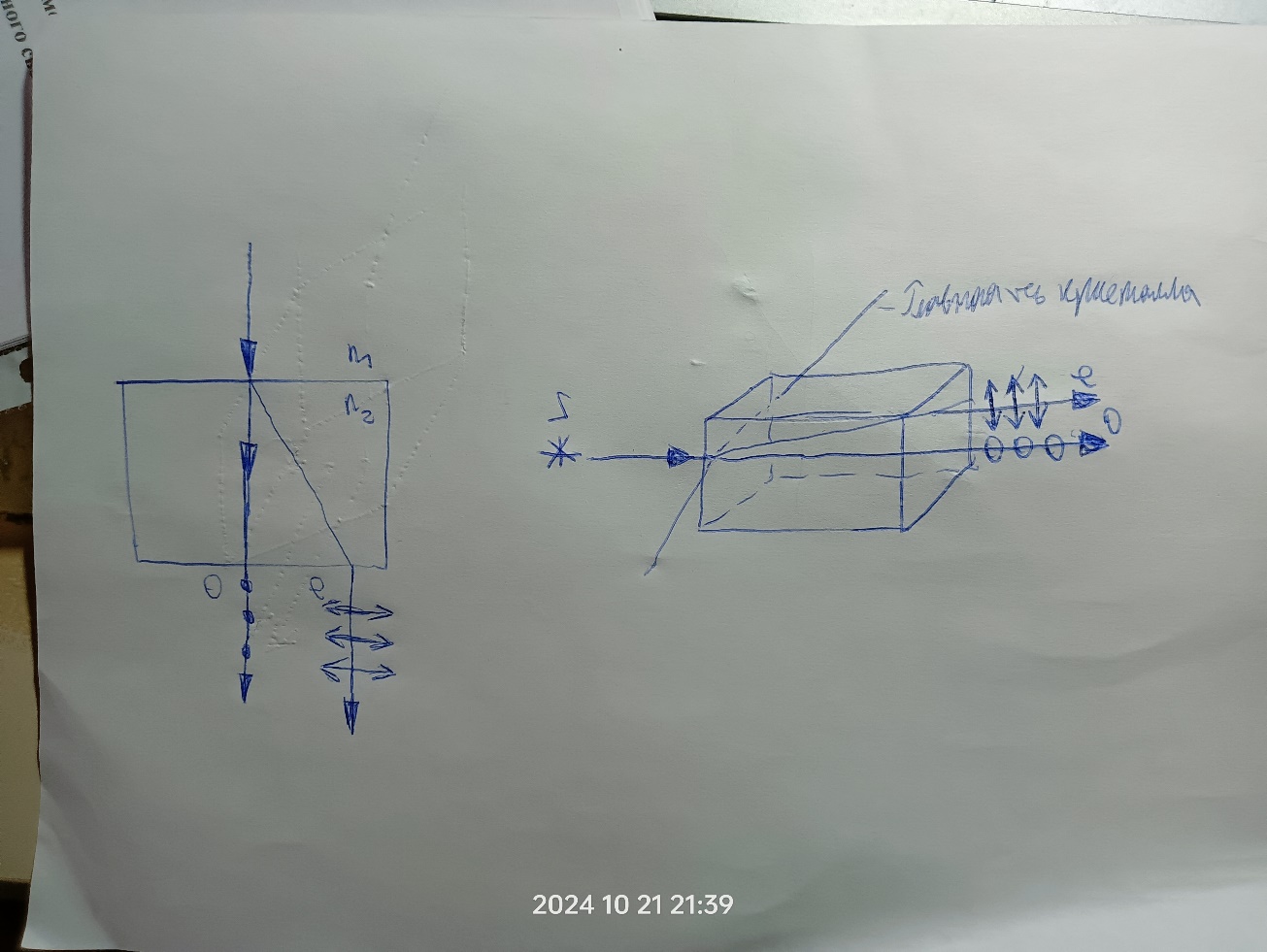
(25)

Подчиняется луч *обыкновенный ,* не подчиняется – *необыкновенный .* Это проиллюстрировано на рисунке 9.



1. Двойное лучепреломление

Явление двойного лучепреломления (*раздвоение светового луча при прохождении через анизотропную среду, обусловленное зависимостью показателя преломления (а, следовательно, и, скорости распространения волны) от её поляризации и ориентации волнового вектора относительно направления распространения*) используется для подключения поляризованного света, как показано на рисунке 10.

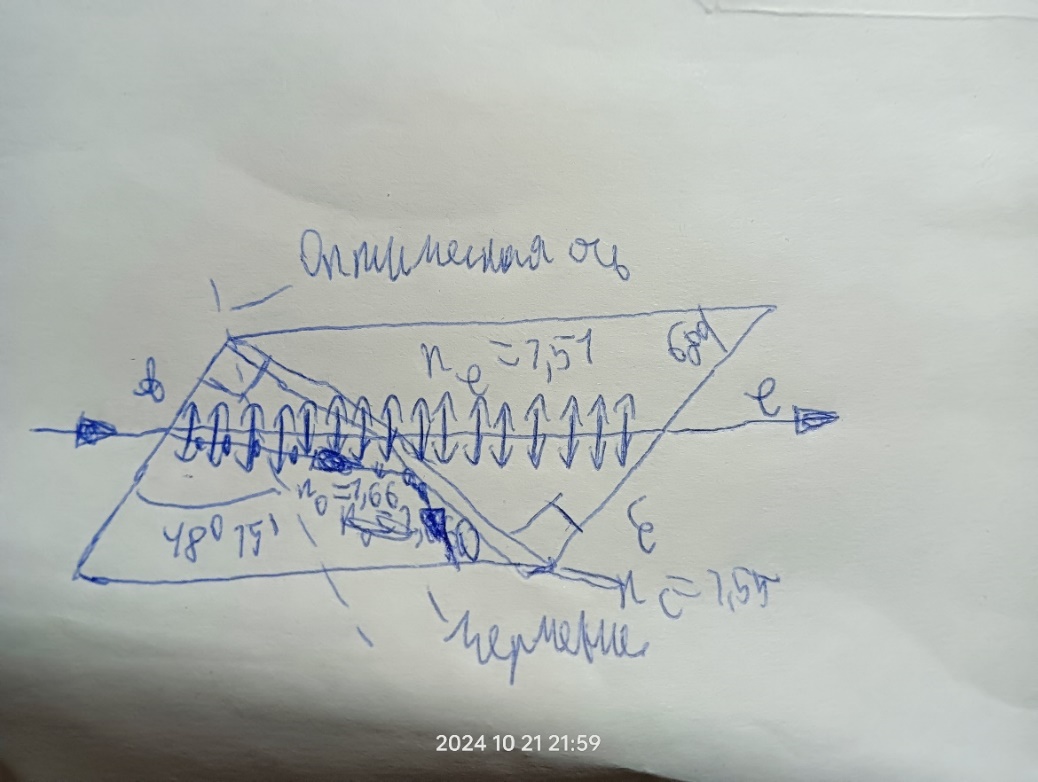


1. Двойное лучепреломление

– обыкновенный луч; – необыкновенный луч.

*Дихроизм* – один из лучей поглощается сильнее другого. Весьма сильно проявляется в кристалле турмалина, обыкновенный луч практически полностью поглощается на длине, а необыкновенный луч практически полностью выходит из кристалла. В кристалле сульфата йодистого хинина один из лучей поглощается на длине . Это явление используется для создания поляроидов. На выходе поляроида получается один поляризованный луч.

В качестве поляроида используется *призма Николя (Николь)*. Эта призма из *исландского шпата*, разрезанная по диагонали и склеенная *канадским бальзамом*. Показатель преломления канадского бальзама  
 . В случае, представленном на рисунке 11, , .



1. Двойное лучепреломление

*Двойное лучепреломление* объясняется *анизотропией кристалла.* Диэлектрическая проницаемость – зависит от направления. В одноосных кристаллах диэлектрическая проницаемость в направлении оптической оси и в направлениях, перпендикулярных к ней имеет разные значения, в других направлениях принимает промежуточные значения. На рисунке 12 показано сечение этого эллипсоида главной плоскостью кристалла (случай ). , и показатель преломления

(26)

Следовательно, из анизотропии вытекает, что скорость ЭЛМ волны и показатель преломления зависят от ориентации вектора относительно оптической оси.

Обыкновенный луч – оптической оси в любом направлении. (\*)

– лучи 1,2,3 (27)

Необыкновенный луч – в плоскости главного сечения (). Для разных лучей направление колебаний с оптической осью образует различные углы .

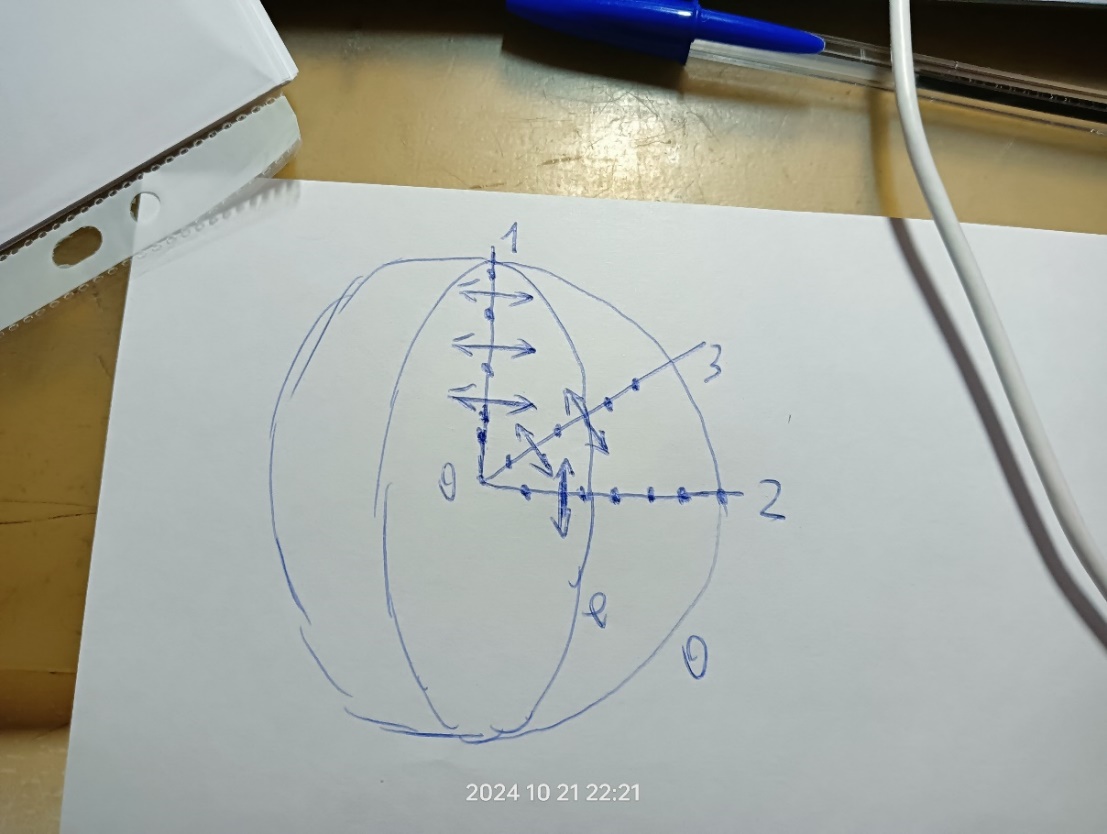
*Для луча 1*: и

*Для луча 2*: : и . Поскольку , то .

*Для луча 3* скорость имеет промежуточное значение. Таким образом, получаем *2 волновых фронта*:

*Сфера* для обыкновенного луча (для него среда изотропна), *Эллипсоид вращения* – для необыкновенного луча.

Это проиллюстрировано на рисунке 12.



1. Двойное лучепреломление

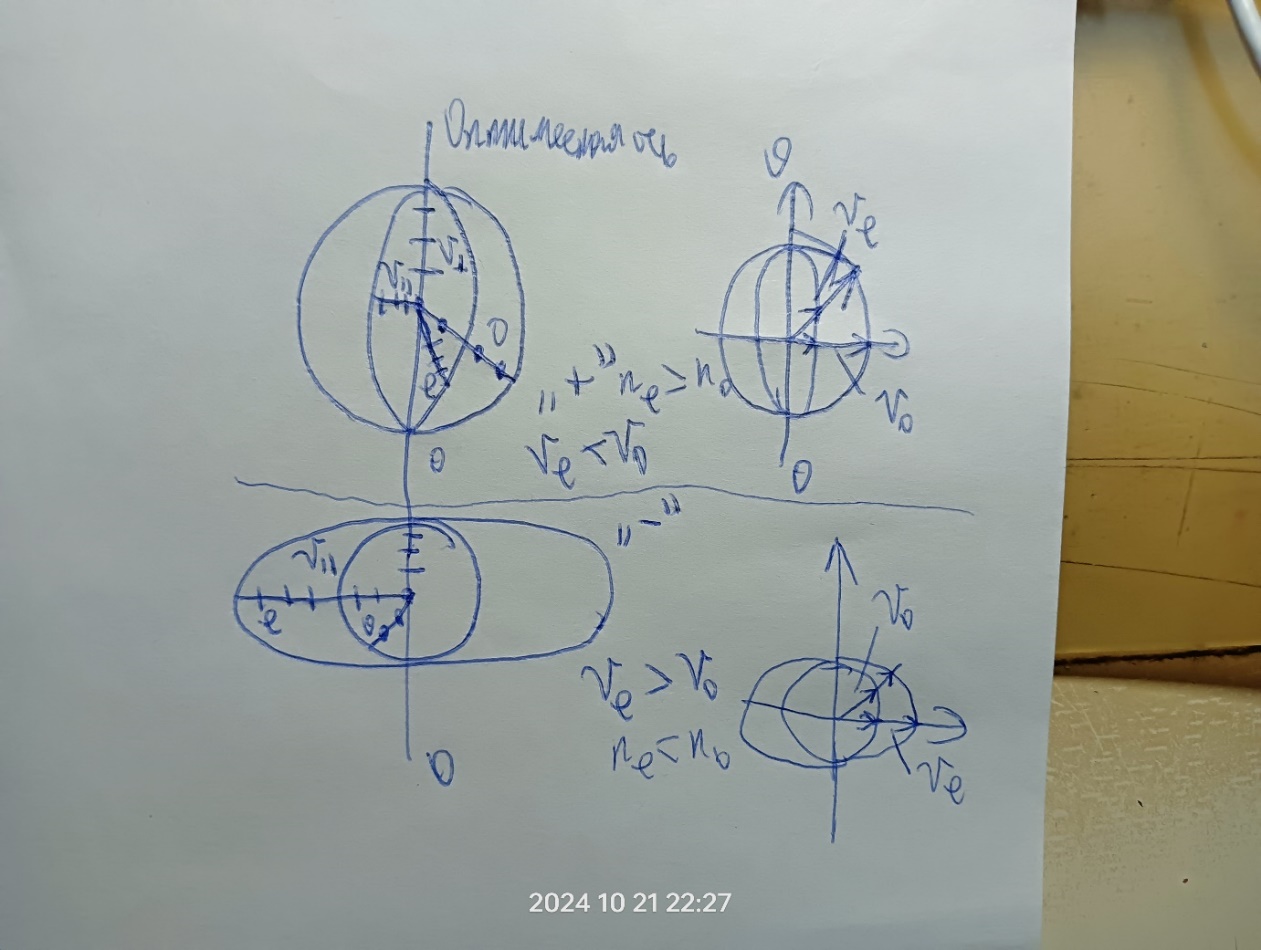
Скорость обыкновенного луча , показатель преломления  
 , а скорость и показатель преломления для необыкновенного луча – и .

В зависимости от соотношения скоростей и одноосные кристаллы делятся на *положительные* и *отрицательные*.

Положительные: ().

Отрицательные: ().

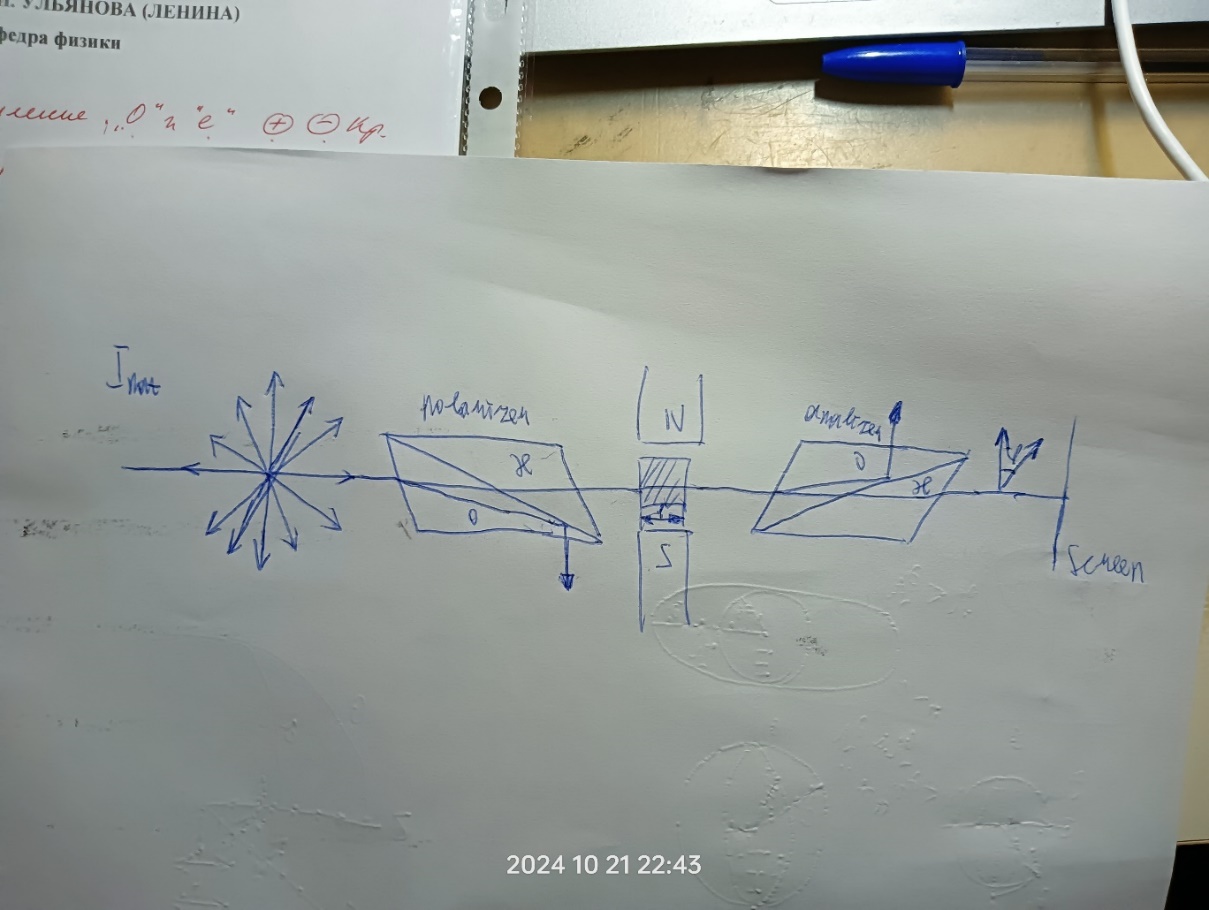
Графически это всё проиллюстрировано на рисунке 13.



1. Двойное лучепреломление

## **Эффект Коттона-Мутона (Искусственная анизотропия)**

*Эффект Коттона-Мутона* обусловлен возникновением анизотропии под действием магнитного поля. Обнаружен Керром и независимо Майораном в 1901 году. Графически проиллюстрирован на рисунке 14.



1. Эффект Коттона-Мутона

*Механизм:* молекулы среды анизотропны + имеют постоянный магнитный момент (парамагнетик). В сильных магнитных полях имеет место преимущественная ориентация магнитных моментов молекул, следовательно среда ведёт себя как одноосный кристалл с осью .

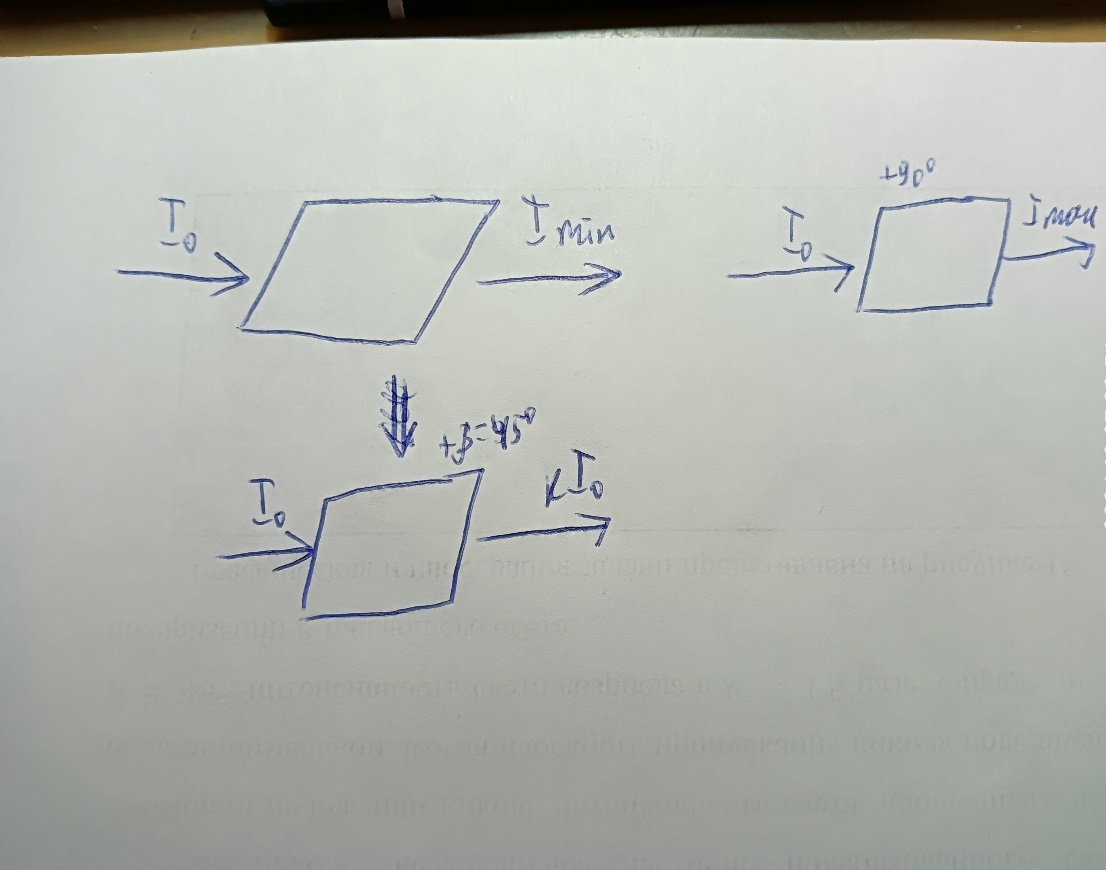
, где (свойства, ) .

В нитробензоле, помещённом в магнитное поле с индукцией , на длине возникает оптическая разность .

## **№26. IdzPolyarization**

На николь падает пучок частично поляризованного света. При некотором положении николя интенсивность света, прошедшего через него, стала минимальной. Когда плоскость пропускания николя повернули на угол , интенсивность света возросла в раза. Определить степень поляризации падающего света.

Графическая иллюстрация задачи представлена на рисунке 15.



1. Задача

**Дано:**

**Найти**

**Решение**

, , ,

,

,

,

,

**Ответ:**

# **Вывод**

Результаты представлены в таблице 8.

1. Погрешности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Цвет** |  |  |  |
| Красный | 0,9194 | 0,92±0,1 | 11,04% |
| Оранжевый | 0,9691 | 0,97±0,03 | 3,35% |
| Жёлтый | 0,9726 | 0,97±0,03 | 2,62% |
| Зелёный | 0,9731 | 0,97±0,02 | 2,56% |
| Синий | 0,9545 | 0,95±0,12 | 12,85% |

Из таблицы 8 видно, что более высокими поляризующими свойствами обладает зелёный свет (для него степень поляризации наибольшая).