

**А. В. Михельсон, Т. И. Папушина,
А. А. Повзнер, А. Г. Гофман**

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СПО

Под общей редакцией **А. А. Повзнера**

*Рекомендовано Учебно–методическим отделом
среднего профессионального образования в качестве
учебного пособия для студентов образовательных учреждений
среднего профессионального образования*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

**Москва ■ Юрайт ■ 2018
Екатеринбург ■ Издательство Уральского университета**

УДК 535.12(075.32)

ББК 22.343я723

М69

Авторы:

Михельсон Анна Вильгельмовна — работала преподавателем Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина;

Папушина Татьяна Ивановна — доцент, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Института фундаментального образования Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина;

Повзнер Александр Александрович — профессор, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики Института фундаментального образования Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина;

Гофман Алексей Георгиевич — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры физики Института фундаментального образования Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.

Рецензенты:

кафедра технологии и экономики Уральского государственного педагогического университета (заведующая кафедрой — доктор физико-математических наук *Чикова О. А.*);

Судакова Н. П. — кандидат физико-математических наук, доцент, сотрудник Уральского государственного экономического университета.

Михельсон, А. В.

М69

Волновая оптика : учеб. пособие для СПО / А. В. Михельсон, Т. И. Папушина, А. А. Повзнер, А. Г. Гофман ; под общ. ред. А. А. Повзнера. — М. : Издательство Юрайт, 2018 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 118 с. — (Серия : Профессиональное образование).

ISBN 978-5-534-08093-3 (Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-7996-1070-8 (Изд-во Урал. ун-та)

В данном учебном пособии рассматриваются явления, связанные с волновой оптикой. Этот раздел традиционно относится к третьей части общего физического практикума и включает в себя экспериментальные работы по интерференции, дифракции и поляризации света. Описанию работ предшествует краткое теоретическое введение по соответствующему циклу. Рассмотрены оптические схемы и порядок выполнения каждой работы, а также приведены контрольные вопросы и указания для оформления отчетов.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по естественнонаучным специальностям.

УДК 535.12(075.32)

ББК 22.343я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-08093-3

(Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-7996-1070-8

(Изд-во Урал. ун-та)

© Михельсон А. В., Папушина Т. И.,
Повзнер А. А., Гофман А. Г., 2013

© Уральский федеральный университет, 2013

© ООО «Издательство Юрайт», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.....	6
1.1. Предварительные сведения	6
1.2. Условия образования интерференционной картины	7
1.3. Двухлучевая интерференция	9
1.4. Длина и время когерентности	10
1.5. Интерференция в тонких пленках.....	11
1.6. Интерференция света при отражении от клинообразной пластинки	13
1.7. Интерференция света при прохождении через бипризму Френеля	14
1.8. Интерферометры	16
2. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ВОЛНЫ.....	17
2.1. Определение длины волны света с помощью колец Ньютона	17
2.2. Определение длины волны света с помощью бипризмы Френеля	27
3. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	38
3.1. Предварительные сведения	38
3.2. Явление двойного лучепреломления	40
3.3. Поляризация света при отражении от диэлектрика	41
3.4. Получение линейно поляризованного света. Поляроиды	42
3.5. Анализ линейно поляризованного света. Закон Малюса	43
3.6. Получение света, поляризованного по эллипсу и кругу	44
3.7. Анализ эллиптически поляризованного света	47
4. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА	49
4.1. Изучение явления поляризации света.....	49
5. ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	57
5.1. Общие сведения	57
5.2. Дифракция Фраунгофера на одной щели	57
5.3. Распределение интенсивности в дифракционной картине от двух щелей	58
5.4. Дифракционная решетка	59
6. ПРИМЕНЕНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛНОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	67
6.1. Изучение дифракционных решеток. Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки	67
6.2. Изучение дифракции и поляризации лазерного излучения.....	79
6.3. Определение показателя преломления воздуха с помощью интерферометра Релея	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	102
НОВЫЕ ИЗДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» И СМЕЖНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ.....	102
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	103

ПРЕДИСЛОВИЕ

Волновая оптика рассматривает свет как электромагнитные волны. В начале XIX века под давлением многочисленных факторов корпускулярная природа света сменилась волновой и свет стал рассматриваться как волна. Этому способствовали работы Х. Гюйгенса, который в 1690 г. издал «Трактат о свете». В нем была рассмотрена волновая теория света, принцип построения огибающей волны и описано открытое им явление поляризации света. Развитию волновой природы света способствовало также успешное объяснение Т. Юнгом и О.Ж. Френелем явлений интерференции и дифракции света с помощью волновой теории. В 1801 г. Т. Юнг сформулировал принцип интерференции света и через год осуществил опыт по получению интерференции света от двух отверстий. В 1816 г. Френель дополнил принцип Гюйгенса когерентностью вторичных волн, а также создал теорию дифракции света в форме построения зон. В 1822 г. Фраунгофер получил дифракцию света от дифракционной решетки. В данном разделе рассматриваются электромагнитные волны видимого диапазона излучения ($\lambda=(400\div 780)$ нм). Такие волны испускаются при переходах электронов между уровнями энергий в молекулах и атомах, при тепловых и электрических воздействиях на них.

Учебное пособие «Волновая оптика» состоит из трех циклов. Они посвящены явлениям интерференции, дифракции и поляризации. Каждый цикл содержит краткую общую теоретическую часть, в которой даются необходимые сведения о волновой природе излучения, об условиях образования интерференционной и дифракционной картин, о свойствах поляризованного света и методах его получения. Затем идут подробные рекомендации по проведению конкретных лабораторных работ, по методам обработки полученных результатов и расчету погрешностей измерений.

ВВЕДЕНИЕ

В экспериментальных работах используются как классические прецизионные приборы (гонометры, интерферометры Релея, монохроматоры), так и оптические установки, разработанные на кафедре физики УрФУ (работы по поляризации света, по наблюдению колец Ньютона, по интерференции и дифракции лазерного излучения, работы с бипризмой Френеля). Применение гонометров ГС-5 позволяет проводить измерения длин волн с помощью дифракционной решетки с точностью до десятых долей нанометра; интерферометр Релея дает возможность проводить измерения коэффициента преломления газов с точностью до 10^{-6} .

При выполнении работ используются различные источники света: лампы накаливания со светофильтрами, излучение паров ртути, светодиоды и лазеры. Использование различных источников позволяет рассматривать вопросы, связанные с дисперсией и разрешающей способностью дифракционных решеток, сравнивать свойства излучения обычных и лазерных источников света.

Техническое оснащение лаборатории позволяет применять современные достижения компьютерных технологий при выполнении лабораторных работ. Так работы по поляризации света выполняются при помощи программ, разработанных в среде *NI Lab View*.

Дидактическая нагрузка в каждой работе регулируется преподавателем, ведущим занятия со студенческой группой. В зависимости от специальности варьируется содержание «входного контроля» (от формального предъявления конспекта или простого тестирования по теории и методике выполнения лабораторной работы до детального коллоквиума). Может меняться также число выполняемых задач и отчетность «на выходе» (от формальной сдачи отчета до защиты полученных результатов). Изучив материалы пособия, студент освоит **трудовые действия**: владение методами физического моделирования в инженерной практике; **необходимые умения**: объяснять и анализировать закономерности и причины появления, развития оптических явлений; **необходимые знания**: фундаментальные основы физики оптических явлений.

1. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

1.1. Предварительные сведения

Свет является электромагнитным излучением, которое представляет собой единое электрическое и магнитное поля, распространяющиеся в пространстве. Колебания векторов напряженности электрического \vec{E} и индукции магнитного полей \vec{B} для случая волны в изотропной среде происходят с совпадающими частотами во взаимно перпендикулярных направлениях. В каждой точке пространства эти векторы перпендикулярны вектору скорости электромагнитной волны. К видимой области света относится излучение в диапазоне длин волн 400 – 780 нм.

С электрическим полем электромагнитной волны связывают её физиологическое, фотохимическое и фотоэлектрическое действие. Это действие определяется частотой и интенсивностью I волны, которая пропорциональна квадрату амплитуды вектора \vec{E} .

Если направление колебаний этого вектора строго фиксировано или в каждой точке закономерно изменяется со временем, то говорят, что электромагнитная волна поляризована. Если же с течением времени направление вектора и его мгновенное значение оказываются случайными, то такую волну называют неполяризованной. Например, прямой солнечный свет не поляризован, и его называют естественным. Этот же свет после отражения от поверхности воды становится, в общем случае, поляризованным. Свет в природе и в лабораторных условиях может иметь любую промежуточную степень поляризации.

Выберем координатную систему так, чтобы плоская гармоническая электромагнитная волна с частотой ω распространялась вдоль оси Ox , направление колебаний вектора осуществлялось вдоль оси Oy и вектора \vec{B} – вдоль оси Oz . Тогда для проекции вектора в любой точке x можно записать

$$E = E_m \cos(\omega t - kx + \varphi_0). \quad (1.1)$$

Так как вектор \vec{E} колеблется только вдоль одного направления, то такую волну называют линейно поляризованной (или плоско поляризованной, поскольку вектор \vec{E} всё время лежит в одной плоскости). Скорость распространения электромагнитной волны равна

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}, \quad (1.2)$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды;

μ – относительная магнитная проницаемость среды;

c – скорость света в вакууме.

Отношение $n = \frac{c}{v}$ называется абсолютным показателем преломления среды.

Длина волны λ в среде с показателем преломления n связана с длиной волны λ_0 в вакууме соотношением

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}. \quad (1.3)$$

Модуль среднего по времени вектора плотности потока энергии, переносимого световой волной, называется интенсивностью I света в данной точке пространства. Для световых волн при определенных условиях наблюдаются явления интерференции, дифракции и поляризации. Выяснение этих условий и физического содержания перечисленных явлений и составляет общую цель описываемых лабораторных работ. Кроме того, эти явления широко применяются в прикладной оптике для решения практических задач, что также нашло отражение в лабораторных работах.

1.2. Условия образования интерференционной картины

Интенсивность света I в любой точке пропорциональна квадрату амплитуды световой волны, т.е. пропорциональна квадрату напряженности \vec{E} электрического поля. Для произвольной точки P пространства, где перекрываются две световые волны, согласно принципу суперпозиции

$$\vec{E}_P = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad (1.4)$$

где \vec{E}_1, \vec{E}_2 – напряженности электрических полей световых волн в точке P .

Результирующая интенсивность равна

$$I_P = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi, \quad (1.5)$$

где $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – разность фаз налагающихся световых волн.

Если источники световых волн независимы, то среднее по времени значение косинуса разности фаз $\langle \cos \Delta\varphi \rangle = 0$ и

$$I_P = I_1 + I_2. \quad (1.6)$$

Если разность фаз световых волн не изменяется в течение некоторого времени, большего чем время, необходимое для регистрации картины ($\langle \cos \Delta\varphi \rangle \neq 0$), то равенство (1.6) не выполняется. Суммарная интенсивность результирующей волны (а значит, и освещенность, например, экрана, на котором наблюдается результат сложения волн) не равна сумме интенсивностей, создаваемых каждым источником световых волн (возникает интерференция). Иными словами, для возникновения интерференции необходимо, чтобы разность фаз $\Delta\varphi$ сохраняла свое значение за время усреднения. Это возможно также только при одинаковой частоте складываемых колебаний. Волны, для которых разность фаз за время наблюдения остается неизменной, называют когерентными.

Таким образом, явление интерференции заключается в перераспределении энергии колебаний в пространстве. В результате интенсивность света в определенных точках пространства увеличивается, а в других уменьшается по сравнению с (1.6). Интерференция, возникающая при наложении двух когерентных волн, называется двухлучевой, при наложении многих волн – многолучевой.

Для получения когерентных световых волн и наблюдения их интерференции с помощью обычных (не лазерных) источников излучения применяют метод разделения волны, излучаемой одним источником света, на

две или большее число волн, которые после прохождения различных путей накладываются друг на друга. Результат интерференции таких волн зависит от разности фаз, приобретаемой когерентными волнами при прохождении различных расстояний (или различных сред) от источника до экрана (точки наблюдения). Однако для получения интерференционной картины достаточно хорошей четкости необходимо выполнение некоторых условий, связанных с определенными свойствами световых волн. Эти условия определим на примере двухлучевой интерференции.

1.3. Двухлучевая интерференция

Рассмотрим интерференцию, возникающую при наложении двух когерентных волн, для которых вектор \vec{E} колеблется в одном и том же направлении. S_1 и S_2 – источники этих волн (рис. 1.1). Пусть первая волна распространяется в среде с показателем преломления n_1 , а вторая – в среде с показателем преломления n_2 . Из теории

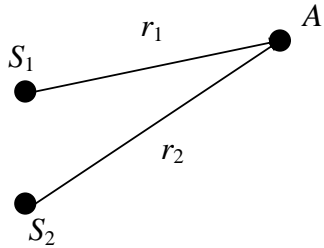


Рис. 1.1

колебаний известно, что в тех точках пространства, где разность фаз $\varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi_{21}$ складываемых колебаний удовлетворяет условию $\Delta\varphi_{21} = 2m\pi$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), будет наблюдаться максимальное усиление колебаний. Если же $\Delta\varphi_{21} = (2m+1)\pi$, то колебания будут в наибольшей степени ослабляться. Разность фаз складываемых колебаний в точке A (рис. 1.1) равна

$$\Delta\varphi_{21} = (\omega t - k_2 r_2) - (\omega t - k_1 r_1) = k_1 r_1 - k_2 r_2.$$

Учитывая, что $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi n}{\lambda_0}$, разность фаз можно выразить как

$$\Delta\varphi_{21} = \frac{2\pi}{\lambda_0} (r_1 n_1 - r_2 n_2) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta_{12}, \quad (1.7)$$

где

$$\Delta_{12} = (r_1 n_1 - r_2 n_2). \quad (1.8)$$

Скалярная величина Δ_{12} называется оптической разностью хода волн 1 и 2.

Теперь условия усиления и ослабления света могут быть определены через оптическую разность хода двух когерентных волн:

1) условие усиления: $\Delta_{12} = m\lambda$, ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). (1.9)

Интерференционный максимум будет наблюдаться, если на разности хода двух лучей укладывается целое число волн;

2) условие ослабления: $\Delta_{12} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$, (1.10)

Интерференционный минимум наблюдается, если на разности хода двух лучей укладывается полуцелое число волн.

1.4. Длина и время когерентности

Излучение любого обычного (не лазерного) источника не является строго монохроматическим. Каждый атом или молекула источника света излучает цуг волн (отдельный короткий импульс излучения) в течение промежутка времени, который называется средним временем жизни τ излучающего атома. Для частот видимого света $\tau \approx 10^{-8}$ с. Протяженность цуга при этом имеет величину порядка 10^7 длин волн λ , и, в первом приближении, каждый такой цуг можно считать квазимонохроматичным. Однако при спонтанном излучении, которое осуществляется в обычных источниках света, электромагнитные волны испускаются атомами (молекулами) вещества независимо друг от друга, со случайным значением начальной фазы. Поэтому за время наблюдения $\Delta t > 10^{-8}$ с волны, спонтанно излучаемые атомами (молекулами) источника света, некогерентны и при наложении не интерferируют. Часть волны, сохраняющая примерное постоянство волновых характеристик, называется длиной когерентности $l_{\text{ког}}$, а время испускания цуга $\tau_{\text{ког}}$ временем когерентности. Очевидно, что длину цуга можно отождествить с длиной когерентности. Связь между $l_{\text{ког}}$ и $\tau_{\text{ког}}$:

$$\tau_{\text{ког}} = \frac{l_{\text{ког}}}{c}. \quad (1.11)$$

Пусть спектральный интервал излучения, создающего наблюдаемую интерференционную картину, ограничен длинами волн λ и $\lambda + \Delta\lambda$. Интерференционная картина будет размываться, если максимум m -го порядка для длины волны $\lambda + \Delta\lambda$ будет накладываться на максимум $(m+1)$ -го порядка для длины волны λ . Тогда с учетом условия максимума (1.9)

$$m_{\max}(\lambda + \Delta\lambda) = (m_{\max} + 1)\lambda, \quad (1.12)$$

откуда
$$m_{\max} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}. \quad (1.13)$$

Таким образом, установлено значение предельного порядка интерференции, при котором интерференция исчезает, т. е. складываемые колебания становятся некогерентными.

С другой стороны, интерференция наблюдается до тех пор, пока разность хода не превышает длину когерентности $l_{\text{ког}}$:

$$l_{\text{ког}} \approx m_{\max} \cdot \lambda, \quad (1.14)$$

где m_{\max} – максимальный порядок интерференции, соответствующий еще видимой светлой полосе.

Из (1.13) и (1.14) находим связь длины когерентности со степенью монохроматичности света $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ и длиной волны λ :

$$l_{\text{ког}} \approx \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}. \quad (1.15)$$

1.5. Интерференция в тонких пленках

При падении пучка света с длиной волны λ из вакуума (или воздуха) на тонкую пленку (прозрачную плоскопараллельную пластинку) толщиной d (рис.1.2) интерференционная картина наблюдается как в отраженном, так и в проходящем свете. Рассмотрим более подробно интерференцию в отраженном свете. На рис. 1.2 показан ход лучей. Оптическая разность хода Δ_{12} лучей 1' и 2' при наблюдении интерференции в отраженном свете равна

$$\Delta_{12} = n \cdot (AB + BC) - EC + \frac{\lambda}{2}, \quad (1.16)$$

где n – абсолютный показатель преломления вещества пленки, а присутствие последнего члена $\frac{\lambda}{2}$ в (1.16) обусловлено "потерей полуволны" при отражении луча 2 от среды с большим показателем преломления.

На рис. 1.2 видно, что

$$AB = BC = d/\cos\beta, \quad (1.17)$$

$$EC = AC \cdot \sin\alpha = 2d \cdot \operatorname{tg}\beta \cdot \sin\alpha. \quad (1.18)$$

В соответствии с законом преломления Снеллиуса

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n, \quad (1.19)$$

откуда

$$\begin{aligned} \Delta_{12} &= n \cdot 2 \frac{d}{\cos\beta} - 2d \cdot \frac{\sin\beta}{\cos\beta} \sin\alpha + \frac{\lambda}{2} = \frac{2nd}{\cos\beta} \left(1 - \frac{\sin\beta \cdot \sin\alpha}{n} \right) + \frac{\lambda}{2} = \\ &= \frac{2nd}{\cos\beta} \left(1 - \frac{n \cdot \sin^2\beta}{n} \right) + \frac{\lambda}{2} = \frac{2nd}{\cos\beta} (1 - \sin^2\beta) + \frac{\lambda}{2} = 2nd \cos\beta + \frac{\lambda}{2}. \end{aligned} \quad (1.20)$$

Таким образом, для отраженного света окончательно получаем

$$\Delta_{12} = 2nd \cos\beta + \frac{\lambda}{2}, \quad (1.21)$$

или
$$\Delta_{12} = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} + \frac{\lambda}{2}. \quad (1.22)$$

Используя условия (1.9) и (1.10), получаем условия **интерференционного максимума** $2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} = (2m-1)\frac{\lambda}{2}$, или

$$2nd \cos\beta = (2m-1)\frac{\lambda}{2}, \quad (1.23)$$

и **интерференционного минимума**

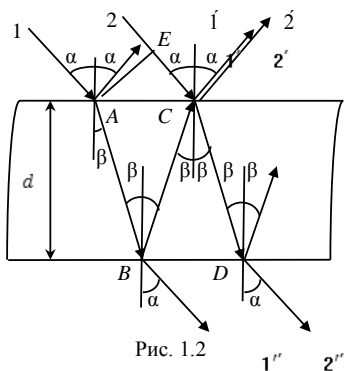


Рис. 1.2

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = m\lambda, \text{ или } 2nd \cos \beta = m\lambda, \quad (1.24)$$

для интерференционной картины в отраженном от тонкой пленки свете.

1.6. Интерференция света при отражении от клинообразной пластинки

Интерференционная картина, которая получается при освещении тонкой клинообразной пластинки пучком параллельных лучей, называется полосами равной толщины.

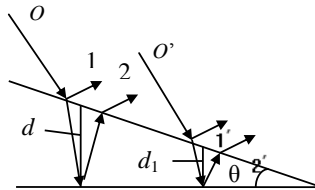


Рис. 1.3

Ход световых лучей для этого случая показан на рис. 1.3. Падающая на поверхность световая волна OO' частично отражается (1), частично проходит внутрь клина и отражается от его нижней поверхности (2). При небольшом угле θ оптическую разность хода волн 2 и 1 можно с достаточной степенью точности вычислить по формуле (1.21)

$$\Delta_{21} = 2dn \cos \beta + \frac{\lambda}{2}, \quad (1.25)$$

где d – толщина клина в месте падения луча; n – показатель преломления вещества клина; β – угол преломления света в клине; λ – длина световой волны, падающей на клин. Световые волны 1 и 2, отраженные от внешней и внутренней поверхностей клина, когерентны и дают интерференционную картину, локализованную вблизи поверхности клина. Интерференционная картина представляет собой систему светлых и темных полос, которые можно наблюдать либо непосредственно, либо с помощью микроскопа.

Каждая из полос образуется за счет отражения от мест пластинки, имеющих одинаковую оптическую толщину, т. е. одинаковое произведение nd .

Поэтому в данном случае интерференционные полосы называются полосами равной толщины.

1.7. Интерференция света при прохождении через бипризму Френеля

Бипризма Френеля представляет собой прямую призму с поперечным сечением в виде треугольника с углом ABC , близким к 180° и малым преломляющим углом θ (рис. 1.4).

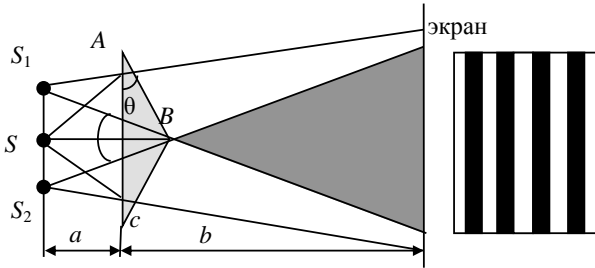


Рис. 1.4

Источником света является светящаяся щель S , параллельная ребру бипризмы, при этом призма отклоняет лучи к оси пучка. За бипризмой возникает интерференционное поле, т. е. область пространства, в которой световые волны, преломленные обеими половинами бипризмы, перекрываются и интерферируют.

Эти световые волны когерентны, так как образуются из одной световой волны источника S . Получается так, как будто эти волны излучаются двумя мнимыми когерентными источниками S_1 и S_2 , лежащими в одной плоскости с источником S . На экране, параллельном этой плоскости, находящемся на расстоянии $(a + b)$, возникает интерференционная картина. При использовании монохроматического света она имеет вид чередующихся темных и светлых полос. При падении на бипризму белого света полосы имеют радужную окраску. Результат наложения двух волн в какой-либо точке экрана зависит от их оптической разности хода Δ_{21} , которую можно определить, зная положение y этой точки на экране, расстояние d между мнимыми источниками и расстояние L от источников до экрана (рис. 1.5).

Найдем оптическую разность хода Δ_{21} лучей от источников S_1 и S_2 , приходящих в произвольную точку P экрана.

Величину Δ_{21} можно определить, зная координату x точки P на экране,

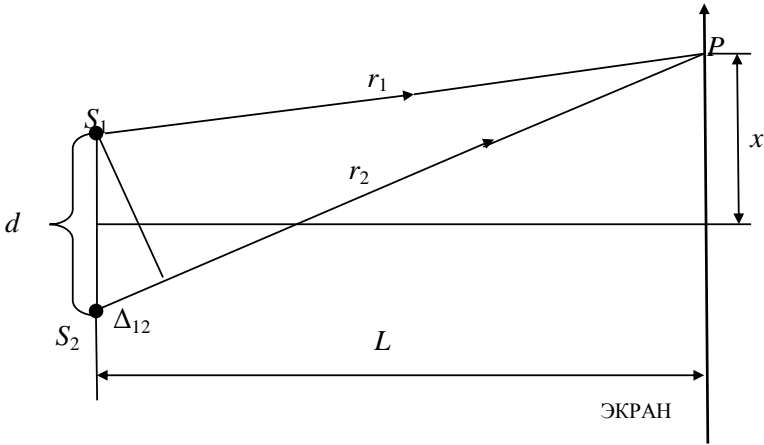


Рис. 1.5

расстояние d между мнимыми источниками и расстояние L от источников до экрана. Из рассмотрения рис. 1.5 следует:

$$r_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2, \quad r_2^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2, \quad \text{или} \quad r_2^2 - r_1^2 = 2dx + \frac{d^2}{2} \approx 2dx.$$

Поскольку $d \ll x$,

$$\Delta L = r_2 - r_1 = 2dx / (r_2 + r_1). \quad (1.26)$$

Вследствие невысокой степени монохроматичности света источников S_1 и S_2 интерференционная картина наблюдается только вблизи центра экрана, когда координата $x \ll L$. Поэтому можно считать $r_1 + r_2 \approx 2L$ и тогда

$$\Delta_{21} = \frac{xd}{L}. \quad (1.27)$$