

Научно-исследовательская работа
по физике на тему:

«Определение длины световой волны»

Выполнила: Семенова Анна
Дмитриевна, обучающаяся 11 «А»
класса МБОУ лицея № 21

Научный руководитель:
Крашенинникова Юлия Геннадьевна,
учитель физики

Оглавление

1. Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1.1. Понятие дифракции света	4
1.2. Интерференция	4
1.3. Кольца Ньютона	5
1.4. Принцип Гюйгенса-Френеля.....	7
1.5. Дифракционная решётка	9
1.6. Когерентность.....	10
1.7. Опыт Томаса Юнга.....	10
2. Практическая часть.....	11
2.1. Вывод формулы для определения длины световой волны.....	11
2.1.1. Опыт №1: Дифракция от двух щелей (Опыт Юнга)	12
2.2. Опыт №2: Дифракция на щели	15
2.3. Опыт№3 Определение длины волны при помощи дифракционной решётки.....	18
2.4. Заключение.....	20
3. Список иллюстраций	21
4. Список литературы	22

Актуальность.

Я считаю, что моя работа актуальна, так волновые свойства света широко применяются в современном мире: в медицине для офтальмологических и медицинских измерений, в инженерии для контроля качества поверхности, в астрономии не один телескоп не обходится без явления дифракции. Развитие дифракционной оптики выходит на новый уровень, она стала неотъемлемым компонентом оптических измерительных приборов, таких как лазеры и микропроцессорная техника. Явление стало изучаться многими учеными. Решение практических задач на дифракцию свету по принципу Гюйгенса-Френеля стали значимыми в наши дни, а для этого необходимы глубокие знания в этой сфере.

Цель. Изучить явление дифракции и интерференции, определить длину световой волны, исследовать зависимость ширины спектра от ширины щели и расстояния до экрана.

Гипотеза. Длина световой волны не зависит от ширины щели и расстояния до экрана. Она зависит только от цвета.

Задачи.

1. Изучить волновые свойства света и различные способы определения длины световой волны
2. Вывести формулы для нахождения длины световой волны
3. Определить длину световой волны лазера.
4. Исследовать зависимость ширины спектра от расстояния до экрана и ширины щели.

Предмет исследования: Геометрическая оптика.

Объект исследования: Луч лазера

Методы исследования:

- Сравнение
- Описание
- Опыт
- Наблюдение
- Анализ графиков
- Обобщение результатов

1. Введение

Делая фотографии на фотоаппарат, я всегда задавалась вопросом: почему на одном фотоаппарате четкость изображения лучше, а на другом хуже? Оказалась, что все дело в дифракции света. Изучая специальную литературу, я узнала, что к снижению контрастности и ухудшению четкости изображения приводит как раз данное явление, так как свет при определённых условиях может заходить в область геометрической тени.

Дифракцию света люди открыли достаточно давно, уже в 15 веке Леонардо да Винчи говорил об этом явлении в своих трудах, но только через 2 столетия Франческо Гримальди дал первое подробное описание. С этого времени изучение дифракции света стало набирать обороты. Почти одновременно появились совершенно разные теории, объясняющие что такое свет и какова его природа. Одна из теорий связана с именем Ньютона, он придерживался так называемой корпускулярной теории, где свет - это пучок частиц, другая - с именем Гюйгенса, согласно его представлениям свет - это волны. Обе теории существовали параллельно до 19 века, неопределённость во взглядах развеяли опыты Юнга и Френеля. Было объяснено прямолинейное распространение света на основе волновой теории и огибание светом препятствий, то есть явление дифракции.

В своей работе я представлю, как можно определить длину световой волны, результаты моего исследования и соответствующие выводы

1. Теоретическая часть

1.1. Понятие дифракции света

Дифракция света – это проявление волновых свойств света предельных условиях перехода от волновой оптики к геометрической.

Простыми словами это огибание лучами света препятствий, то есть попадание света в область геометрической тени. Примеры мы можем увидеть, как в природе – рассеяние света капельками тумана, так и в специально созданных условиях- формирование изображения оптическими силами.

Любая теория может быть применима только при определённых условиях, дифракция света не исключение. Мы сможем наблюдать её только в том случае, если препятствие меньше длины волны. Так же дифракция накладывает ограничение и на качество изображения в оптических приборах. Если будет угловое расстояние достаточно маленькое, то глаз не сможет определить есть две проявляющиеся точки или одна.

1.2. Интерференция

Интерференция света - это пространственное распределение энергии светового излучения при наложении двух или нескольких световых волн.

Первым кто решил провести эксперимент, чтобы пронаблюдать интерференцию света, стал Ньютон. Он закрепил плоско-выпуклую линзу на пластинке так, чтобы между ними был воздушный зазор.

Освещая зазор разными цветными лучами, он получил на экране чередующиеся темные и белые кольца. Ньютон не дал каких-либо точных выводов по данному эксперименту, так как явление, увиденное им, требовало дополнительных исследований.

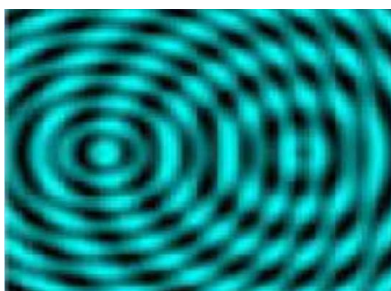


Рисунок 2 Интерференция световых волн

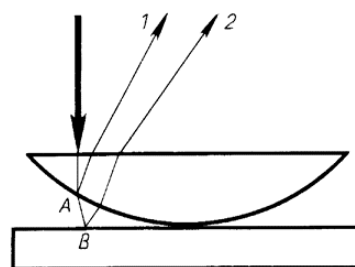


Рисунок 1 Опыт Ньютона

Эти исследования продолжил молодой исследователь Томас Юнг. В его голове зародилась мысль о том, что это явление наложения световых волн, которое приводило к усилению и ослаблению монохроматического света.

1.3. Кольца Ньютона

Кольца Ньютона - это кольцевые полосы равной толщины, наблюдаемые при отражении света от поверхностей зазора между стеклянной пластинкой и соприкасающейся с ней выпуклой линзой.

Интерференционная картина получается в результате наложения волн, отраженных от границ двух сред воздух-стекло.

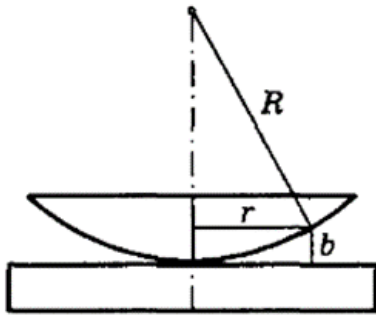


Рисунок 3 Плоско-выпуклая линза

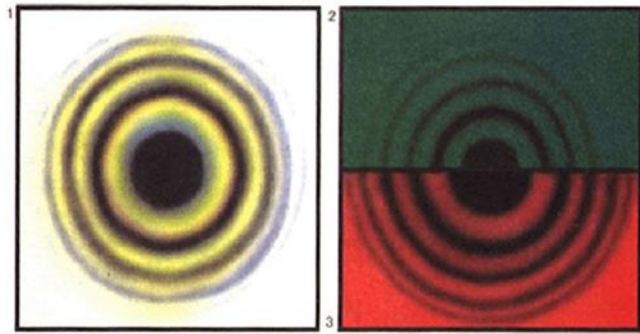


Рисунок 4 Кольца Ньютона

Волны 1 и 2 когерентны, разность фаз колебаний, вызванных определяется размером воздушного зазора. Если размер зазора таков, что вторая волна отстаёт от первой на целое число длин волн, то колебания будут усиливать друг друга, то есть мы будем наблюдать интерференционный максимум. Если интерференционный зазор таков, что вторая волна отстаёт от первой на нечётное число полуволн, то колебания, вызванные ими, гасят друга – интерференционный минимум. Соответственно мы наблюдаем светлое кольцо в первом случае и темное кольцо во втором. При этом каждое из колец соответствует одной и той же толщине воздушного зазора.

Светлые кольца будут соответствовать условию:

$$2bn + \frac{\lambda}{2} = m\lambda, m=1,2,3\dots$$

Темные кольца будут соответствовать условию:

$$2bn + \frac{\lambda}{2} = (m + \frac{1}{2})\lambda, m = 0,1,2 \dots$$

Где, b - толщина воздушного слоя,

n - показатель преломления вещества,

λ - длина световой волны

Длину волны можно определить с помощью колец Ньютона. Для это необходимо вывести формулу.

На рисунке 4 изображена плоско-выпуклая линза, где R – радиус сферы, b - толщина воздушного слоя в том месте где находится кольцо, r – радиус кольца.

По теореме Пифагора: $R^2 = (R - b)^2 + r^2$

Так как толщина воздушного слоя мала по сравнению с r и R , то её квадратом можно пренебречь.

$$2b = \frac{r^2}{R}$$

Подставив значение $2b$ в условия черных и светлых колец, мы получим:

Для светлых колец $r^2 = \frac{(2m-1)R\lambda}{2n}$,

Для темных колец $r^2 = \frac{mR\lambda}{n}$.

Отметим, что $n=1$.

Для большей точности расчета, необходимо связать разность диаметра колец с получившимися формулами. Тогда

$$\frac{D_1^2}{4} = (2\ell-1)R\frac{\lambda}{2} \quad \frac{D_2^2}{4} = (2k-1)R\frac{\lambda}{2} , \text{ где } D_1 \text{ и } D_2 - \text{ диаметры колец}$$

Вычитая из первого уравнения второе, получим

$$\frac{D_1^2 - D_2^2}{4} = (\ell - k) R\lambda$$

Теперь из этого уравнения выразим длину волны и получим расчётную формулу:

$$\lambda = \frac{D_1^2 - D_2^2}{4R(\ell - k)} , \text{ где } k \text{ и } \ell \text{ номера колец.}$$

1.4. Принцип Гюйгенса-Френеля

Ещё одним важным человеком в изучении дифракции стал Огюстен Френель. Ему удалось подробно

разобрать всевозможные случаи дифракции на опыте, что помогло разработать количественную теорию, при помощи которой можно рассчитать дифракционную картину. Также он дал объяснение прямолинейному распространению света на основе волновой теории.

Принцип Гюйгенса-Френеля: каждая точка волнового фронта является источником вторичных волн, при чем все вторичные источники когерентны.

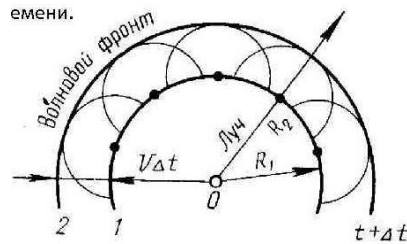


Рисунок 5 Принцип Гюйгенса

Принцип Гюйгенса-Френеля позволяет определить амплитуду световой волны в любой точке поверхности. Для этого необходимо мысленно провести сферическую поверхность вокруг источника света.

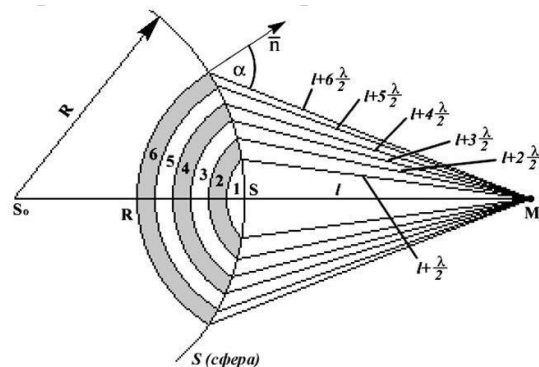


Рисунок 6 Зоны Френеля

Считаем, что в момент времени t фронт волны имеет радиус R . Проведем из точки M сферические поверхности радиусами $l + \frac{\lambda}{2}$, $l + \frac{2\lambda}{2}$, $l + \frac{3\lambda}{2}$ и т.д. Весь фронт волны таким образом будет разделен на кольцевые зоны $1, 2, 3$ и т.д., называемые зонами Френеля. Если первая зона вызывает в точке M колебания с амплитудой A_1 , вторая с амплитудой A_2 и т.д., то амплитуда колебаний в точке M будет определяться формулой:

$$A_m = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots \quad (2)$$

Так как $A_1 > A_2 > A_3 > \dots$ то вследствие данного монотонного убывания формула будет иметь вид:

$$Am = \frac{Am_{-1} + Am_{+1}}{2} \quad (3)$$

Также при помощи опытов и расчетов Френель доказал, что для отчётливого наблюдения дифракции размеры препятствий должны быть очень малы или же не располагать экран далеко от препятствий. Так же ему удалось рассмотреть дифракцию на разного рода препятствиях.

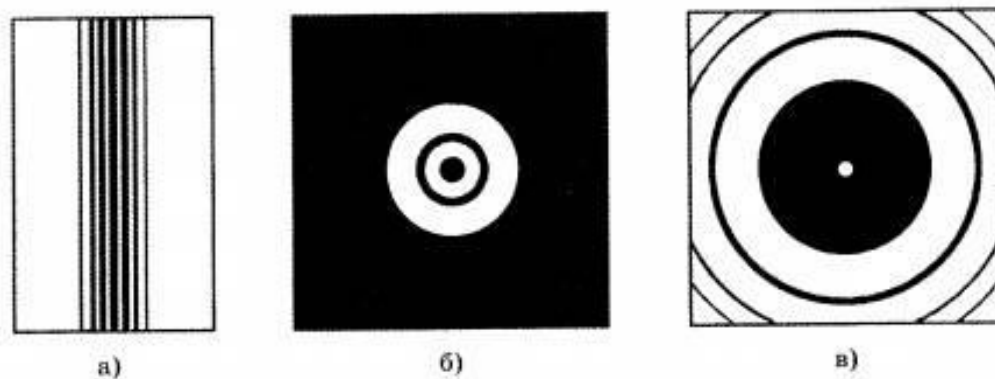


Рисунок 7 Дифракционные картины от различных препятствий

На рисунке а) изображена дифракция от проволоки, где вместо ее тени мы наблюдаем чередующиеся светлые и темные пятна.

На рисунке б) представлена дифракция от круглого отверстия. В центре дифракционной картины от отверстия появляются темные пятна, окруженные белыми.

На рисунке в) мы наблюдаем дифракцию от круглого экрана. В центре тени, образованной круглы экраном, видно светлое пятнышко, а сама тень окружена темными концентрическими кольцами.

1.5. Дифракционная решётка

Дифракционная решётка - оптический элемент, представляющий собой совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов.

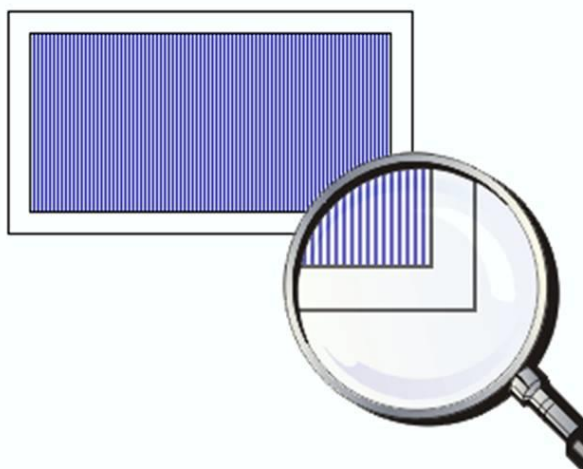


Рисунок 8 Дифракционная решётка

Дифракционная решётка используется в спектральных приборах для пространственного разложения электромагнитного излучения в спектр. Световые волны, падающие на дифракционную решётку, разбиваются на когерентные пучки, которые после дифракции образуют спектр излучения.

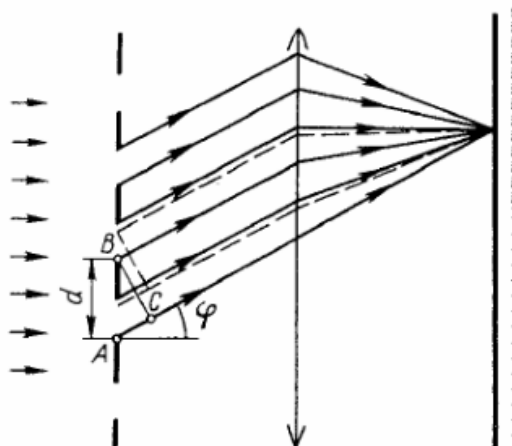


Рисунок 9 Теория дифракционной решётки

Если ширина прозрачных щелей равна a , а ширина непрозрачных промежутков – b , то величину $a+b$ называют *периодом решётки*.

Так же на рисунке изображена разность хода между волнами, она равна длине отрезка AC. Если на этом отрезке укладывается целое число волн, то они будут усиливать друг друга. Разность хода можно найти по формуле:

$$d \sin \alpha = k\lambda, \text{ где } k=0,1,2,3 \dots \quad (4)$$

1.6. Когерентность

Когерентность-согласованное протекание в пространстве и во времени нескольких случайных колебательных или волновых процессов, позволяющее получить при их сложении интерференционную картину.

Когерентность является условием для наблюдения интерференции и дифракции света. Источники считаются когерентными в том случае, если частоты и длины волн совпадают, а разность фаз постоянна. Два независимых источника будут считаться некогерентными, исключением будет являться лазер. Данное явление можно рассмотреть наглядно.

Где рисунок под а) соответствует некогерентным волнам, а под б) когерентным. В последнем рисунке выполняются условия когерентности: волны распространяются в одном направлении и имеют одну длину.

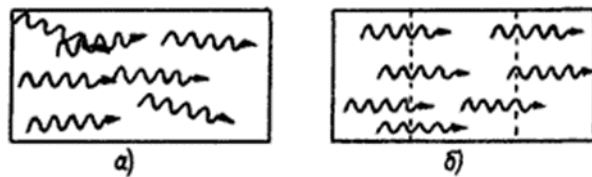


Рисунок 10 а) некогерентные волны б) когерентные волны

1.7. Опыт Томаса Юнга

В 1802 году Томас Юнга представил опыт по дифракции. Он заключался в том, что непрозрачная ширма, в которой делалось небольшое отверстие, освещалась источником света. Через это отверстие проходил пучок света, освещающий два отверстия на другой ширме и возбуждающий в них когерентные волны. Вследствие чего они частично накладывались друг на друга, и на экране наблюдалось чередование белых и темных полос. При помощи этого опыта Томасу Юнгу удалось измерить длины волн различных цветов.

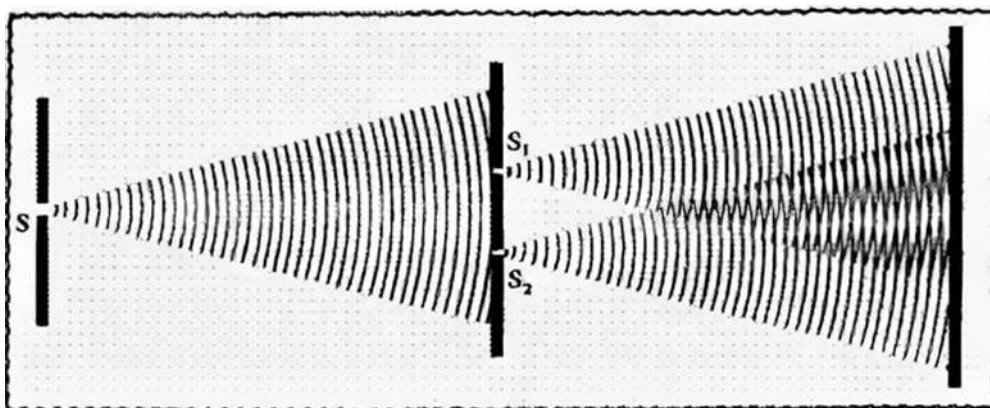


Рисунок 11 Опыт Юнга

2. Практическая часть

2.1. Вывод формулы для определения длины световой волны

В некоторой точке с экрана будет наблюдаться максимум освещенности, если выполнено условие:

$$d_1 - d_2 = k\lambda, \text{ где } k=0, 1, 2, 3, \dots$$

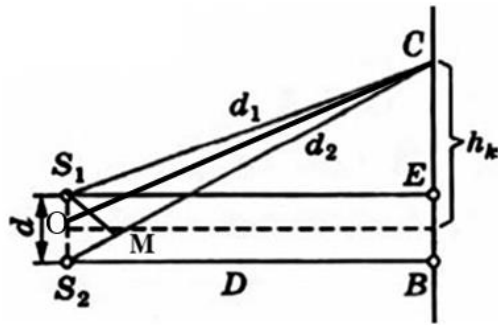
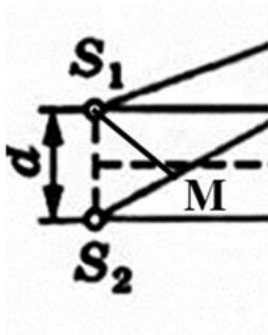


Рисунок 12 Опыт Юнга

Так как d очень мало по сравнению с D , то угол M можно считать прямым. Из этого следует, что $\Delta S_1MS_2 \sim \Delta OCE$

Тогда
$$\frac{S_2M}{d} = \frac{h}{D}$$

Выразим разность хода:

$$S_2M = \frac{dh}{D};$$

Учитывая, что $d_2 - d_1 = k\lambda$, можем записать

$$k\lambda = \frac{dh}{D};$$

$$\lambda = \frac{dh_1}{D}; \quad 2\lambda = \frac{dh_2}{D}$$

Расстояние между спектрами 1-го и 2-го порядка $\Delta h = h_2 - h_1 \approx \frac{\lambda D}{d}$

Отсюда следует $\lambda \approx \frac{d\Delta h}{D}$

2.1.1. Опыт №1: Дифракция от двух щелей (Опыт Юнга)

С помощью опыта Юнга я смогу определить длину волны красного и зелёного цвета, провести исследование зависимости ширины спектра от расстояния до экрана.

Для опыта мне понадобились: лазер, штатив и оправка с двумя щелями.

Закрепив лазер с красным лучом на штативе, я направила его на оправку с двумя щелями. После чего я измерила расстояние от оправки до экрана, в первом случае оно было равно 2,35 м. Рассмотрев дифракцию света от двух щелей, я измерила ширину спектров первого и второго порядка. После чего я изменила расстояние от экрана до щели, оно стало равно 2,55 м. Повторив процедуру измерений, я опять изменила расстояние до 2,75 м. Измерив нужные мне параметры, я заполнила таблицу и сделала подсчёты.

цвет	d (ширина щелей)	D(расстояние от экрана до щели)	X ₁ (ширина спектра 1-го порядка)	X ₂ (ширина спектра 2-го порядка)	Δh (разность между шириной спектра 1-го порядка и шириной 2-го порядка)	λ(длина волны)
красный	0,1мм=10 ⁻⁴ м	2,35м	11мм	24мм	15мм=15*10 ⁻³ м	6,38*10 ⁻⁷ м
	0,1мм=10 ⁻⁴ м	2,55м	22,5мм	39,5мм	17мм=17*10 ⁻³ м	6,66*10 ⁻⁷ м
	0,1мм=10 ⁻⁴ м	2,75м	35мм	54мм	19мм=19*10 ⁻³ м	7,27*10 ⁻⁷ м

Подсчеты:

$$1. \lambda_1 = \frac{10^{-4} * 15 * 10^{-3}}{2,35} \approx 6,38 * 10^{-7} \text{ м} \approx 638 \text{ нм}$$

$$2. \lambda_2 = \frac{10^{-4} * 17 * 10^{-3}}{2,55} \approx 6,66 * 10^{-7} \text{ м} \approx 666 \text{ нм}$$

$$3. \lambda_3 = \frac{10^{-4} * 19 * 10^{-3}}{2,75} \approx 7,27 * 10^{-7} \text{ м} \approx 727 \text{ нм}$$

$$4. \lambda_{\text{ср}} = \frac{6,38 * 10^{-7} + 6,66 * 10^{-7} + 7,27 * 10^{-7}}{3} = 6,77 * 10^{-7} \text{ м} = 677 \text{ нм}$$

Подсчет погрешности:

$$1. \Delta\lambda_1 = |677 - 638| = 39 \text{ нм}$$

$$2. \Delta\lambda_2 = |677 - 666| = 11 \text{ нм}$$

$$3. \Delta\lambda_3 = |677 - 727| = 50 \text{ нм}$$

$$4. \Delta\lambda = \frac{39 + 11 + 50}{3} = 33,3 \text{ нм}$$

$$5. \varepsilon = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{ср}}} * 100\% = \frac{33,3}{677} * 100\% = 4,9\%$$

$$6. \lambda = 677 \pm 33,3 \text{ нм}$$

Повторим данный опыт для зелёного цвета

цвет	d (ширина щелей)	D(расстояние от экрана до щели)	X ₁ (ширина спектра 1-го порядка)	X ₂ (ширина спектра 2-го порядка)	Δh (разность между шириной спектра 1-го порядка и шириной 2-го порядка)	λ(длина волны)
зелёный	0,1мм= 10 ⁻⁴ м	2,35м	10мм	20 мм	10мм=1*10 ⁻² м	0,43*10 ⁻⁷ м
	0,1мм= 10 ⁻⁴ м	2,55м	20 мм	35мм	15мм=1,5* 10 ⁻² м	0,58*10 ⁻⁷ м
	0,1мм= 10 ⁻⁴ м	2,75м	30мм	45мм	15мм=1,5* 10 ⁻² м	0,54*10 ⁻⁷ м

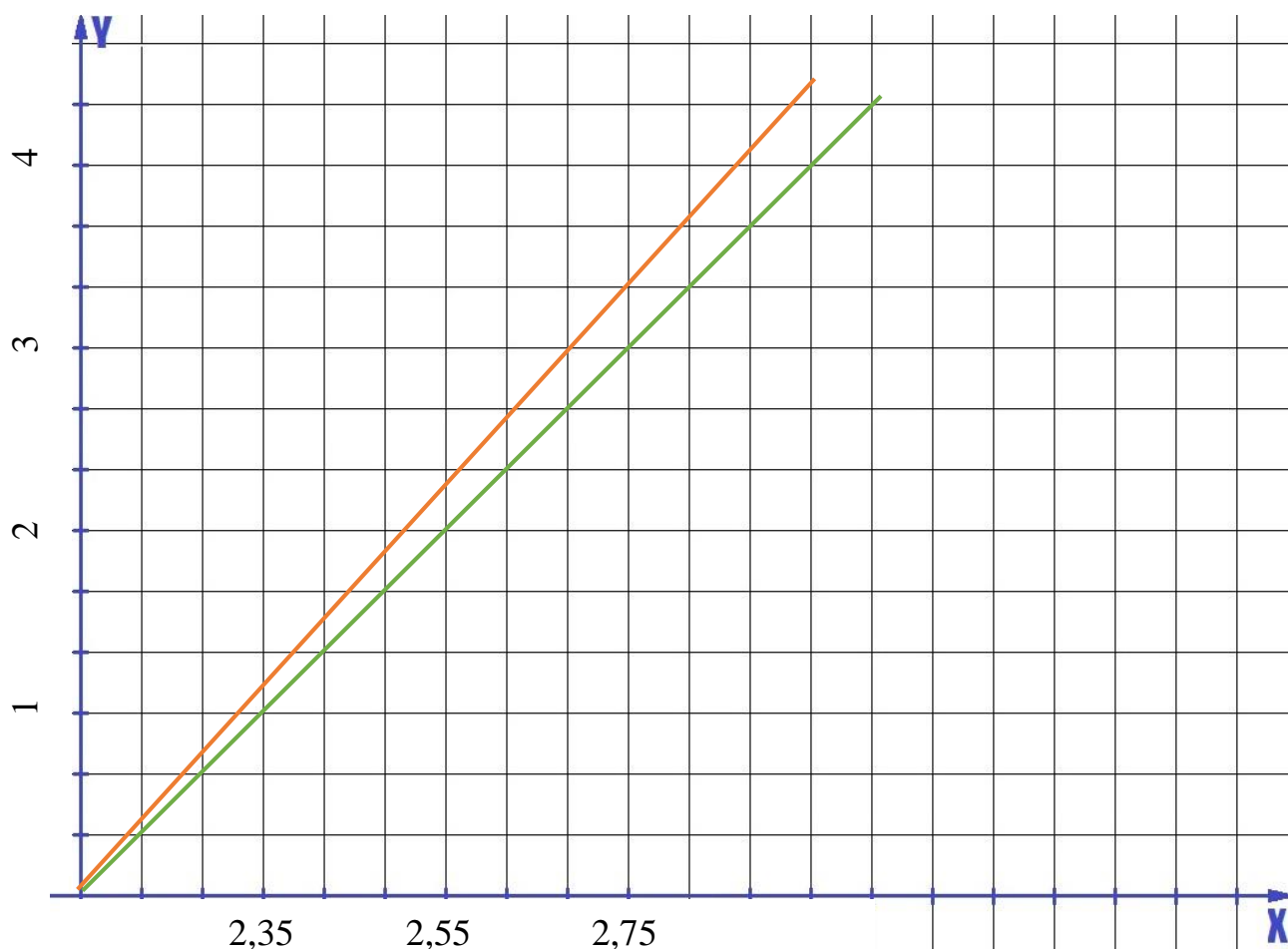
Подсчеты:

- $\lambda_1 = \frac{10^{-4} * 10^{-2}}{2,35} = 0,43 * 10^{-6} \text{ м} = 430 \text{ нм}$
- $\lambda_2 = \frac{10^{-4} * 1,5 * 10^{-2}}{2,5} = 0,58 * 10^{-6} \text{ м} = 580 \text{ нм}$
- $\lambda_3 = \frac{10^{-4} * 1,5 * 10^{-2}}{2,75} = 0,54 * 10^{-6} \text{ м} = 540 \text{ нм}$
- $\lambda_{\text{ср}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3} = \frac{0,43 * 10^{-6} + 0,58 * 10^{-6} + 0,54 * 10^{-6}}{3} \approx 0,51 * 10^{-6} \text{ м} = 510 \text{ нм}$

Подсчет погрешности:

- $\Delta\lambda_1 = |430 - 510| = 80 \text{ нм}$
- $\Delta\lambda_2 = |580 - 510| = 70 \text{ нм}$
- $\Delta\lambda_3 = |540 - 510| = 30 \text{ нм}$
- $\Delta\lambda = \frac{80 + 70 + 30}{3} = 60 \text{ нм}$
- $\varepsilon = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{ср}}} * 100\% = \frac{60}{510} * 100\% \approx 11\%$
- $\lambda = \lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda = 510 \pm 60 \text{ нм}$

Ширина спектра 10^{-4} м



Расстояние от экрана до оправки с двумя щелями. м

Рисунок 12 График зависимости ширины спектра первого порядка от расстояния от щели до экрана.

Расстояние от экрана до оправки	Ширина спектра
2,35 м	$1 \cdot 10^{-2}$ м
2,55 м	$2 \cdot 10^{-2}$ м
2,75 м	$3 \cdot 10^{-2}$ м

Таблица 1 Для зелёного цвета

Расстояние от экрана до оправки	Ширина спектра
2,35 м	$1,1 \cdot 10^{-2}$ м
2,55 м	$2,25 \cdot 10^{-2}$ м
2,75 м	$3,5 \cdot 10^{-2}$ м

Таблица 2 Для красного цвета

Опыт Юнга позволил мне подсчитать длину лазера, а также исследовать зависимость ширины спектра от расстояния от оправки с двумя щелями до экрана. Я выяснила что, чем больше расстояние до экрана, тем больше ширина спектра.

2.2. Опыт №2: Дифракция на щели

С помощью данного опыта я наблюдаю дифракцию на одной щели, измеряю длину волны и проведу исследование зависимости ширины спектра от ширины щели.

Для опыта я использовала монохроматический свет красного и зелёного цвета, штатив, оправки с щелями $d=0.3\text{мм}$ и $d=0.6\text{мм}$.

Опыт я начала с того, что закрепила лазер в штативе и направила его луч на щель в оправке. После чего я измерила расстояние от оправки до экрана. Потом, рассмотрев дифракционную картину, я измерила ширину спектров первого и второго порядка. Записав все параметры, я сменила оправку на другую, с большей шириной щели, при этом не изменяя расстояние до экрана. Повторив процедуру замеров, я занесла получившиеся данные в таблицу и сделала подсчеты.

ЦВЕТ	d (ширина щели)	D(расстояние от экрана до щели)	X ₁ (ширина спектра 1-го порядка)	X ₂ (ширина спектра 2-го порядка)	Δh (разность между шириной спектра 1-го порядка и шириной 2-го порядка)	λ(длина волны)
красный	1мм=0,1*10 ⁻³ м	2,35м	8мм	20мм	12мм=10*10 ⁻³ м	0,51* 10 ⁻⁶ м
	0,3мм=0,3* 10 ⁻³ м	2,35м	7мм	12мм	5мм = 5 * 10 ⁻³ м	0,638* 10 ⁻⁶ м
	0,6мм=0,6* 10 ⁻³ м	2,35м	5мм	7мм	3мм=2,8*10 ⁻³ м	0,765* 10 ⁻⁶ м

Подсчеты:

$$1. \lambda_1 = \frac{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{2,35} = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 510 \text{ нм}$$

$$2. \lambda_2 = \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2,35} = 0,638 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 638 \text{ нм}$$

$$3. \lambda_3 = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{2,35} = 0,765 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 765 \text{ нм}$$

$$4. \lambda_{\text{ср}} = \frac{0,638 \cdot 10^{-6} + 0,765 \cdot 10^{-6} + 0,510 \cdot 10^{-6}}{3} = 0,637 \cdot 10^{-6} = 637 \text{ нм}$$

Подсчеты погрешности:

1. $\Delta\lambda_1 = |510 - 637| = 117 \text{ нм}$
2. $\Delta\lambda_2 = |638 - 637| = 1 \text{ нм}$
3. $\Delta\lambda_3 = |714 - 637| = 77 \text{ нм}$
4. $\Delta\lambda = \frac{117+1+77}{3} = 65 \text{ нм}$
5. $\lambda = 637 \pm 65 \text{ нм}$

Повторим данный опыт для зелёного цвета.

цвет	d (ширина щели)	D(расстояние от экрана до щели)	X ₁ (ширина спектра 1-го порядка)	X ₂ (ширина спектра 2-го порядка)	Δh (разность между шириной спектра 1-го порядка и шириной 2-го порядка)	λ(длина волны)
Зелёный	0.1мм=0,1*10 ⁻³ м	2,35м	2мм	3мм	7мм=1*10 ⁻³ м	0,297*10 ⁻⁶ м
	0.3мм=0,3*10 ⁻³ м	2,35м	6мм	10мм	4мм=4*10 ⁻³ м	0,51*10 ⁻⁶ м
	0.6мм=0,6*10 ⁻³ м	2,35м	4мм	6мм	2мм=2*10 ⁻³ м	0,51*10 ⁻⁶ м

Подсчеты:

1. $\lambda_1 = \frac{d_1 \Delta h_1}{D} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^{-3}}{2,35} = 0,297 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 297 \text{ нм}$
2. $\lambda_2 = \frac{d_2 \Delta h_2}{D} = \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{2,35} = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 510 \text{ нм}$
3. $\lambda_3 = \frac{d_3 \Delta h_3}{D} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2,35} = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 510 \text{ нм}$
4. $\lambda_{\text{ср}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \frac{0,51 \cdot 10^{-6} + 0,51 \cdot 10^{-6} + 0,297 \cdot 10^{-6}}{3} = 0,439 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 439 \text{ нм}$

Подсчеты погрешности:

1. $\Delta\lambda_1 = |\lambda_1 - \lambda_{\text{ср}}| = |510 - 439| = 71 \text{ нм}$
2. $\Delta\lambda_2 = |\lambda_2 - \lambda_{\text{ср}}| = |510 - 439| = 71 \text{ нм}$
3. $\Delta\lambda_3 = |\lambda_3 - \lambda_{\text{ср}}| = |420 - 439| = 19 \text{ нм}$
4. $\Delta\lambda_{\text{ср}} = \frac{71+71+19}{3} = 54 \text{ нм}$ (погрешность)
5. $\lambda = \lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda_{\text{ср}} = 439 \pm 54 \text{ нм}$

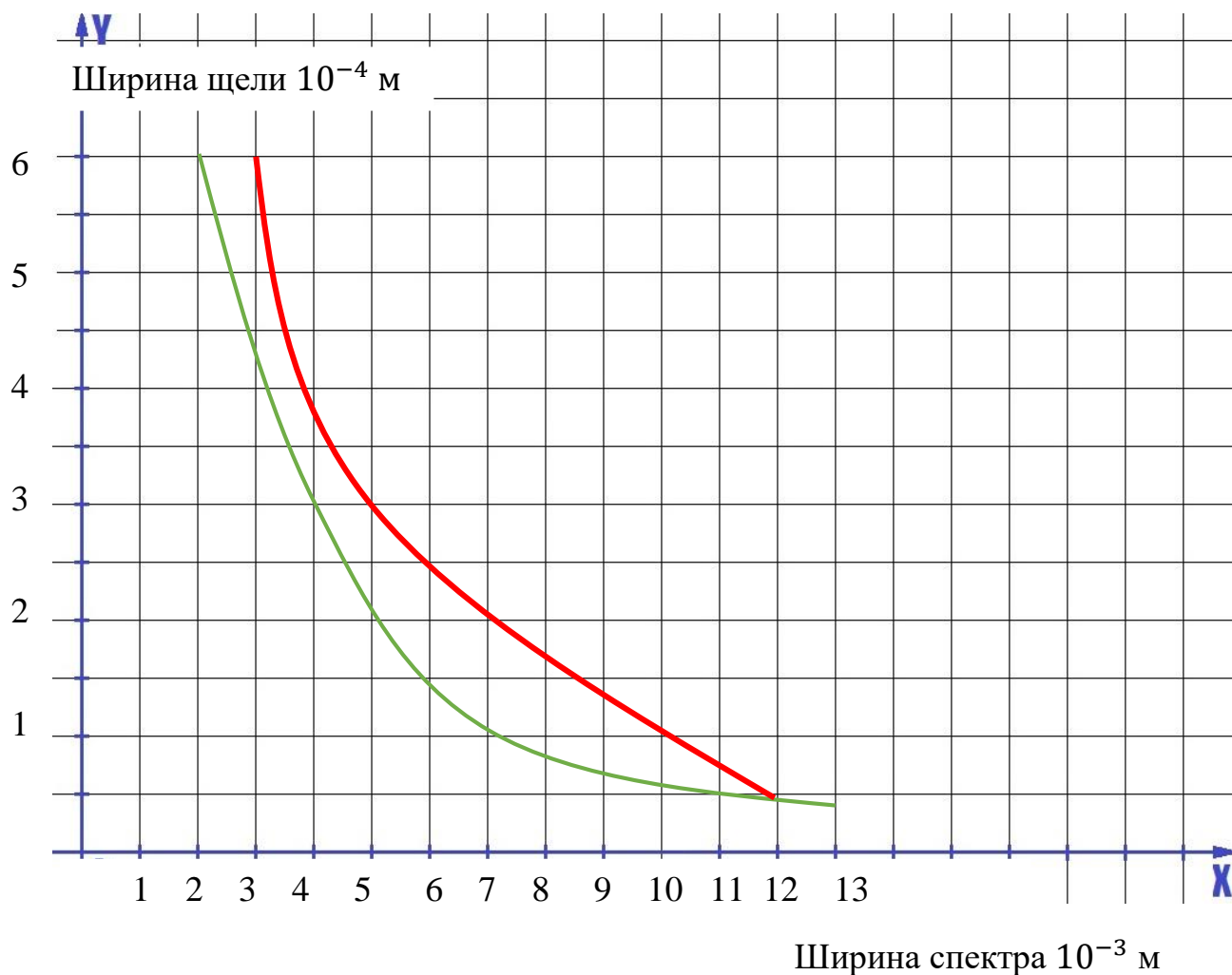


Рисунок 13 График зависимости ширины спектра первого порядка от ширины щели

Ширина щели	Ширина спектра 1-го порядка
$3 \cdot 10^{-4}$ м	$6 \cdot 10^{-3}$ м
$6 \cdot 10^{-4}$ м	$5 \cdot 10^{-3}$ м
$1 \cdot 10^{-4}$ м	$4 \cdot 10^{-3}$ м

Ширина щели	Ширина спектра 1-го порядка
$3 \cdot 10^{-4}$ м	$7 \cdot 10^{-3}$ м
$6 \cdot 10^{-4}$ м	$4 \cdot 10^{-3}$ м
$1 \cdot 10^{-4}$ м	$2 \cdot 10^{-3}$ м

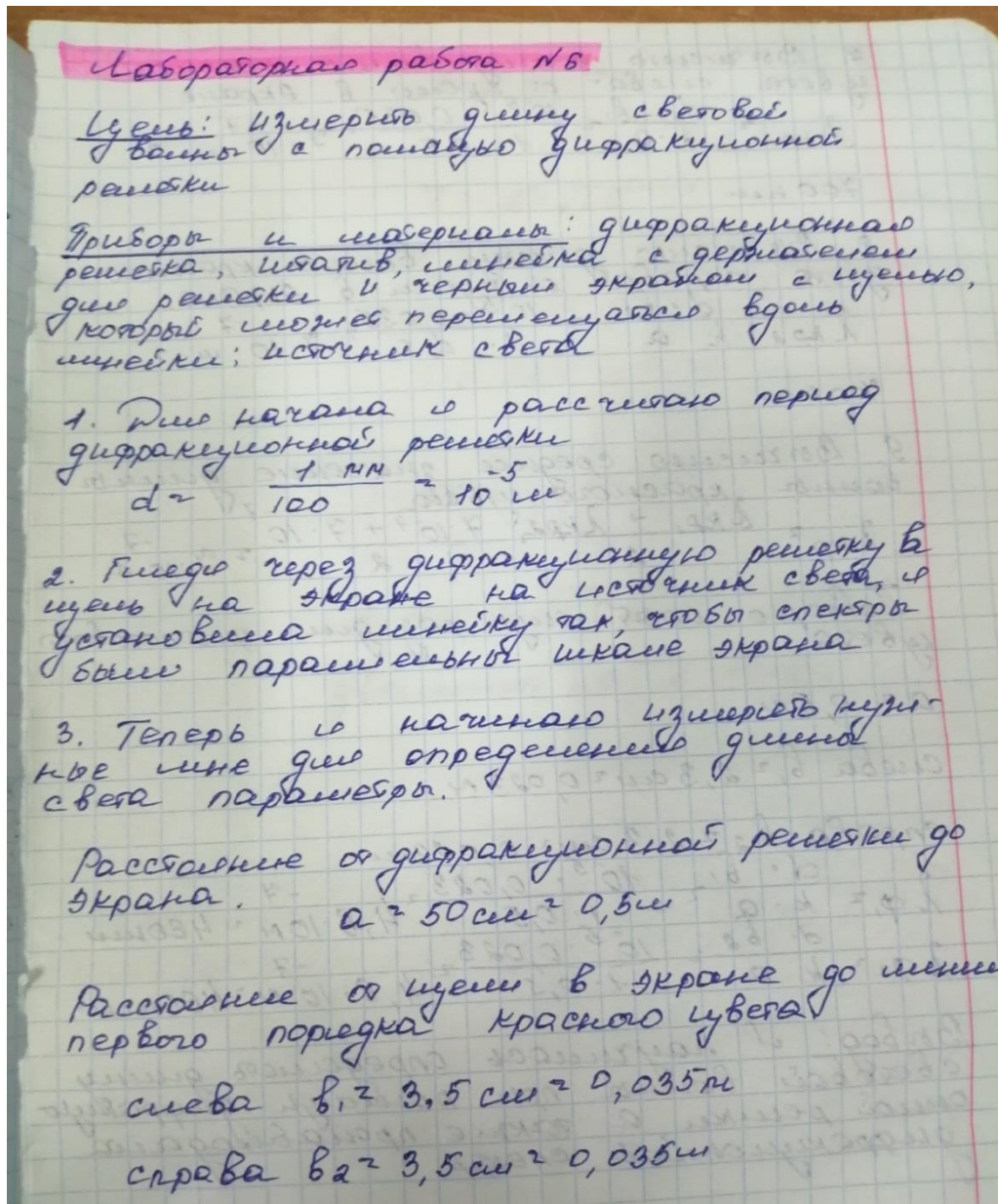
Таблица 3
Для зеленого цвета

Таблица 4 Для
красного цвета

Пронаблюдав дифракцию на щели, я смогла определить длину волны лазера, а также поисследовав, как и от чего меняется ширина спектра, я заметила следующую зависимость: что чем меньше ширина щели, тем больше ширина спектра. Результат зависимости исследования я представила в виде графика.

2.3. Опыт №3 Определение длины волны при помощи дифракционной решётки

На уроках физики мы проводили опыт по определению длины при помощи дифракционной решётки. Он тоже является еще одним способом определения длины световой волны.



7. Вычислю длину волны красного цвета слева от щели в экране

$$\lambda_{кр1} = \frac{d \cdot b_1}{k \cdot a} = \frac{10^{-5} \cdot 0,035}{1 \cdot 0,5} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 700 \text{ нм}$$

8. Вычислю длину волны красного цвета справа от щели в экране.

$$\lambda_{кр2} = \frac{d \cdot b_2}{k \cdot a} = \frac{10^{-5} \cdot 0,035}{1 \cdot 0,5} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 700 \text{ нм}$$

9. Вычислю среднее значение длины волны красного цвета

$$\lambda_{кр} = \frac{\lambda_{кр1} + \lambda_{кр2}}{2} = \frac{7 \cdot 10^{-7} + 7 \cdot 10^{-7}}{2} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Повторю опыт еще раз для фиолетового цвета

$$a = 0,5 \text{ м}$$

$$\text{слева } b_1 = 2,3 \text{ см} = 0,023 \text{ м}$$

$$\text{справа } b_2 = 2,3 \text{ см} = 0,023 \text{ м}$$

$$\lambda_{ф1} = \frac{d \cdot b_1}{k \cdot a} = \frac{10^{-5} \cdot 0,023}{1 \cdot 0,5} = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 460 \text{ нм}$$

$$\lambda_{ф2} = \frac{d \cdot b_2}{k \cdot a} = \frac{10^{-5} \cdot 0,023}{1 \cdot 0,5} = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 460 \text{ нм}$$

Вывод: Я научилась определять длину световой волны при наблюдении дифракции одной решетки, а также наблюдать дифракционный спектр.

2.4. Заключение

Данная работа была мне очень интересна, ведь дифракция света очень важна в современном мире, она используется почти везде: и в медицине, и в астрономии, и в инженерии и т.д. Ни один микроскоп, телескоп и фотоаппарат не обходится без дифракции.

Таким образом, проведя данную работу по определению длины световой волны и исследованию зависимости ширины спектра, я ближе познакомилась с явлением дифракции. Смогла определить длину волны красного и зеленого цвета. Меняя ширину щели и расстояние от экрана, у меня получилась примерно одна и та же длина для каждого цвета, тем самым это доказывает, что длина световой волны не зависит от этих параметров, а только от цвета. Так же исследовав зависимость ширины спектра, я получила, что спектр увеличивается, если уменьшать ширину щели или увеличивать расстояние до экрана.

3. Список иллюстраций

Рисунок 2 Интерференция световых волн	4
Рисунок 1 Опыт Ньютона	4
Рисунок 3 Плоско-выпуклая линза	5
Рисунок 4 Кольца Ньютона	5
Рисунок 5 Принцип Гюйгенса	7
Рисунок 6 Зоны Френеля	7
Рисунок 7 Дифракционные картины от различных препятствий	8
Рисунок 8 Дифракционная решётка	9
Рисунок 9 Теория дифракционной решётки	9
Рисунок 10 а) некогерентные волны б) когерентные волны	10
Рисунок 11 Опыт Юнга	10
Рисунок 12 Опыт Юнга	11

4. Список литературы

1. Б.Н. Бегунов. Геометрическая оптика. М.: Издательство московского университета, 1961. 262 с.: ил.
2. Можаров Г.А. Геометрическая оптика
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика
4. Акиншин В.С., Истомина Н.Л., Каленова Н.В., Карковский Ю.И. Оптика
5. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики
6. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем
7. Агравал Г.П. Применение нелинейной волоконной оптики