

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

Исследование дифракционных оптических элементов. (ДОЭ).

Мосеева Елизавета Валерьевна,
11 кл., МБОУ «Лицей №1», г. Пермь,
Любимова Нина Юрьевна,
старший преподаватель ПНИПУ.

Пермь. 2016.

Содержание

1. Введение.....	3.
2. Теоретическая часть.....	4.
3. Экспериментальная часть.....	8.
4. Заключение.....	9.
5. Приложение.....	10.
6. Список литературы.....	12.

Введение

Один из древних и интересных разделов в физике, в котором изучаются световые явления и законы взаимодействия света с веществами-оптика. Оптика стала активно прогрессировать с 1960 года. В результате изобретения лазера люди получили прибор, который стал ценным инструментом в руках человечества. С ним стало развиваться одно из замечательных достижений науки и техники. Эта новая структура-дифракционная оптика. В последние годы появилось несколько новых направлений дифракционной оптики, которые дадут возможность совершить качественный скачок в управлении светом. Одно из них - создание ДОЭ.

Дифракционные оптически элементы (ДОЭ) широко используются в быту, мире, науке. И с каждым днем все больше развиваются. Многие ученые занимаются изучением и исследованием их свойств. Они тратят много времени, чтобы усовершенствовать эту область. К ДОЭ можно отнести дифракционные решетки и зонную пластинку Френеля.

Эта тема вызывает большой интерес, так как при помощи лазерного источника света и компьютера можно самостоятельно произвести этот процесс, используя лишь минимальные подручные средства. Ведь будущее оптики связано именно с разработкой и совершенствованием ДОЭ. Эта область актуальна и по сегодняшний день, так как нужно найти способ создания высококачественных и точных оптических элементов.

Целью данной исследовательской работы является исследование дифракционных оптических элементов и их свойств, при помощи подручных средств, объект на котором изображена решетка и интерференционная картина является пластиковая прозрачная бумага.

Теоретическая часть.

Оптика описывает свойства света и объясняет явления связанные с ним. Так что же такое свет?

Свет-это излучение, но лишь та его часть, которая воспринимается глазом. [1]

В семнадцатом веке появились две теории света:

- корпускулярная
- волновая.

Корпускулярной теории придерживался Ньютон. Его формулировка того, что такое свет, следующая: светящиеся тела излучают мельчайшие частицы, распространяемые по линиям, то есть лучам. Они попадают в глаза, благодаря этому люди видят.

Другую теорию связывают с именем Гюйгенса. Он считал, что существует особая среда, куда не распространяется закон тяготения. В ней между частицами существует светоносный эфир. Вот что такое свет, по его мнению.

Несмотря на разное объяснение, сегодня считают правильными обе теории и изучают их. Свет обладает и волновыми, и частичными свойствами. [2]

Тела, от которых исходит свет, являются источниками света. При изучении световых явлений используют понятие точечного источника света [1]. В моем случае точечным источником света является лазерный источник.

Лазер является одним из замечательных достижений физики. Итак лазер-это специальный тип источника излучения с обратной связью [3]. Принципы работы лазера основаны на свойствах лазерного излучения: монохроматичности и когерентности.

Монохроматичность-электромагнитное излучение, обладающее малым разбросом частот, в идеале-одной частоты.[4]

Когерентность-согласованность нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.[4]

Итак, первоначально рассмотрим два физических явления, на которых основывается дифракционная оптика. Это явления-интерференция и дифракция света.

Интерференция-это одно из ярких проявлений волновой природы света. Это явление наложения двух (или нескольких) волн, в результате которого наблюдается их взаимное усиление или ослабление.

Состоит из темных и светлых полос. Светлые полосы-это максимумы, а темные полосы-это минимумы интенсивности света.[5]

Дифракция-это отклонение от прямолинейного распространения волн, или огибание волнами препятствий. Если на пути пучка появляется препятствие, то экране, расположенном на достаточно большом расстоянии от объекта, появится дифракционная решетка. Возникает система параллельных дифракционных полос. Также, как и интерференция имеет минимумы и максимумы. Дифракция волн проявляется особенно отчетливо в случаях, когда размеры препятствий меньше длины волны или сравнимы с ней.[5]

1. Дифракционная решетка.

Это оптический прибор для анализа излучения. Он представляет собой совокупность большого числа узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками. Это устройство формирует новый волновой фронт света. Пропуская пучок лазерного излучения через дифракционную решетку, создается два новых волновых фронта.[5]

Для расчета интерференционных максимумов решетки помогает формула:

$$d \cdot \sin \varphi = \pm k \lambda$$

(см.рис.1)

d-период решетки

φ -угол максимума

k-порядковой номер максимума

λ -длина волны лазерного источника

2. Зонная пластинка Френеля.

Система, чередующихся прозрачных и непрозрачных колец с определенной шириной и диаметром. Зонная пластинка служит для усиления интенсивности света. [6]

Для расчета радиусов колец можно использовать формулу для зон Френеля [7]:

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda}$$

(см.рис.2, 3, 4)

r_m -радиус

a-расстояние от точечного источника света до зонной пластинки

b-расстояние от пластинки до результата

m-порядковые числа (нумерация зон)

λ -длина волны лазерного источника

Я рассчитывала с такими параметрами:

$a=1$ метр

$b=1$ метр

$\lambda=633$ нм

$$r_1 = \sqrt{\frac{1\text{м} \cdot 1\text{м}}{1\text{м} + 1\text{м}}} * \sqrt{1} * \sqrt{633} * \sqrt{10^{-9}\text{м}} = 0.56\text{мм}$$

Изменяя только номер кольца продолжаем расчет:

$r_2=0.78\text{мм}$ $r_{11}=1.19\text{мм}$

$r_3=0.95\text{мм}$ $r_{12}=2\text{мм}$

$r_4=1.12\text{мм}$ $r_{13}=2.1\text{мм}$

$r_5=1.13\text{мм}$

$r_6=1.14\text{мм}$

$r_7=1.15\text{мм}$

$r_8=1.16\text{мм}$

$r_9=1.17\text{мм}$

$r_{10}=1.18\text{мм}$

3. Фокусаторы. [8]

Если нужно собрать световой пучок в простую геометрическую фигуру: точку, отрезок, линию, то эту роль выполняют фокусаторы. Фокусаторы-это оптические приборы нового типа.

Рассмотрим случай простейшего объекта, представляющий собой светящуюся точку. Расстояние от точечного источника до точки экрана (x, y, z) . Координаты (x_1, y_1, z_1) точечного источника. (см.рис.5)

Для расчета используем формулу длины волны (l), фазы волны (φ) и интенсивность (I):

$$l = \sqrt{(x - x_1)^2} + \sqrt{(y - y_1)^2} + \sqrt{(z - z_1)^2} \quad (1)$$

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} * l \quad (2)$$

$$I = A_0^2 + A_1^2 + 2 * A_0 * A_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_0) \quad (3)$$

$\varphi_0=0$ т.к. опорная волна, не будет зависеть от координат (x, y) .

Возьмем координаты:

$x=50$; $y=70$; $z=100$.

$x_1=30$; $y_1=40$; $z_1=30$.

$\lambda=633\text{нм}$.

Используя формулу (1) длины волны из данных координат равна: $l=79$.
Используя формула (2) фаза из данных координат равна: $\varphi_1=79*10^{(-9)}$.
Используя формула (3) интенсивность точки равна: $I=16$.
(см.рис.6.)

Этот метод позволяет получать различные дифракционные оптические элементы: дифракционные решетки, фокусаторы в точку, линию, отрезок, в кольцо. К достоинствам этого метода можно отнести простоту действий. Работа интересна, так как описанная технология создания дифракционных оптических элементов и способ их демонстрации могут быть воспроизведены в любом месте, где имеется компьютер.

Экспериментальная часть.

1.Оборудование:

- а) Оптико-механическая установка, которая защищает от внешних раздражителей.
 - б)Источник когерентного излучения-лазер ($\lambda=633\text{нм}$).
 - в)Дифракционная решетка на прозрачном материале.
 - г) Интерференционная картина на прозрачном материале.
 - д)Линейка.
- Схема установки (см.рис.7)

2.Порядок выполнения работы.

- а)Расчет
- б)Компьютерная обработка.
- в)Проявление через лазерную установку.
 - 1. Изменение положения дифракционной решетки.(рис.8)
 - 2.Добавление сетки.(см.рис.8)
 - 3.Добавление диагоналей.(см.рис.9)
- г)Фиксирование результатов.

3.Анализ полученных результатов.

В результате проведенных исследований удалось узнать, что изготовление дифракционных оптических элементов и вовсе не требует сложных расчетов. Для этого достаточно нарисовать решетку (круги) из черных и белых полос.

После проведенных опытов стоит иметь в виду, что те дифракционные элементы будут эффективны, у которых размеры расстояний между решетками или кругами очень мал.

Чтобы ДОЭ действовали достаточно просветить их лазерным источником света. На экране появятся хорошо различимые максимумы и минимумы.

Теоретическое и экспериментальное исследование ДОЭ показали возможность создания дифракционной решетки и зонной пластинки Френеля на пластиковой прозрачной бумаге.

Заключение.

Дифракционные оптические элементы широко распространены не только в России, но и в других странах. Опираясь на поставленную задачу, удалось выяснить, что ДОЭ выполненные на прозрачной пластиковой бумаге хорошо работают.

Основные полученные результаты исследований приведены ниже:

1. Исследована и реализована на практике оптическая система.
2. Исследованы элементарные дифракционные элементы.

В результате своей работы я научилась работать с оптической установкой, вести поисковую работу, систематизировать результаты, проведенных опытов.

Данная работа на этом не закончена еще планируется найти зависимость расстояний до и после проявления лазером между решеткой и кругами. Также интересно было бы использовать другой материал и проверить на нем работу элементарных ДОЭ.

Применяется ДОЭ в различных сферах нашей жизни.

Например: в телескопах применяется ДОЭ для метода контроля зеркал; в медицине при имплантации искусственного хрусталика; также применяются в системах обработки информации, открывая перспективы создания вычислительных систем нового типа.

Приложение.

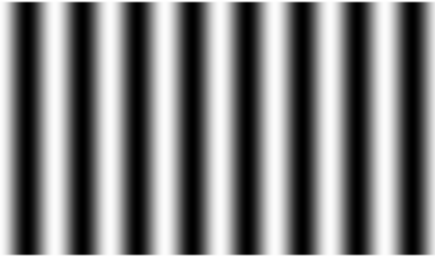


рис.1

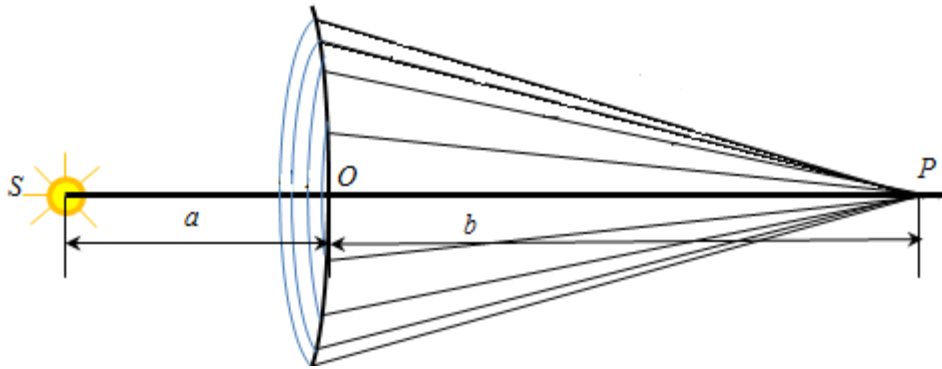


рис.2

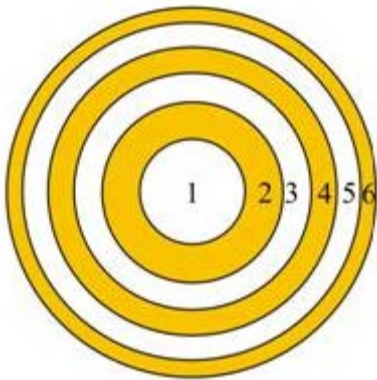


рис.3

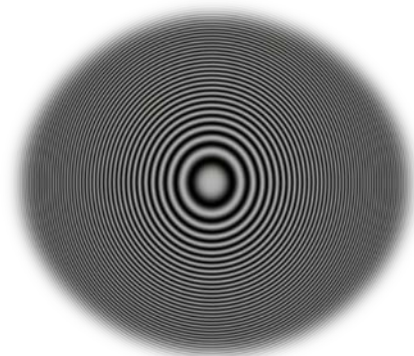


рис.4

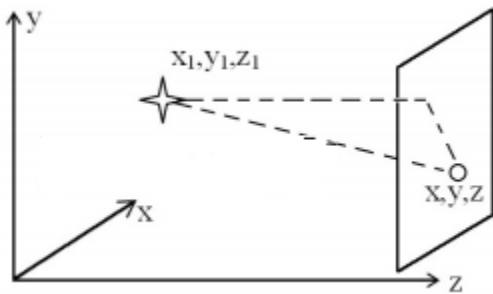


рис.5

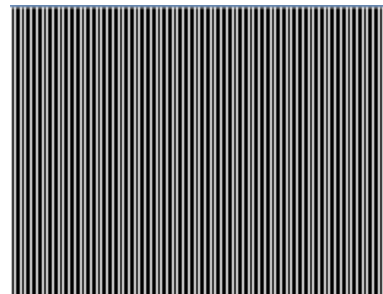


рис.6.

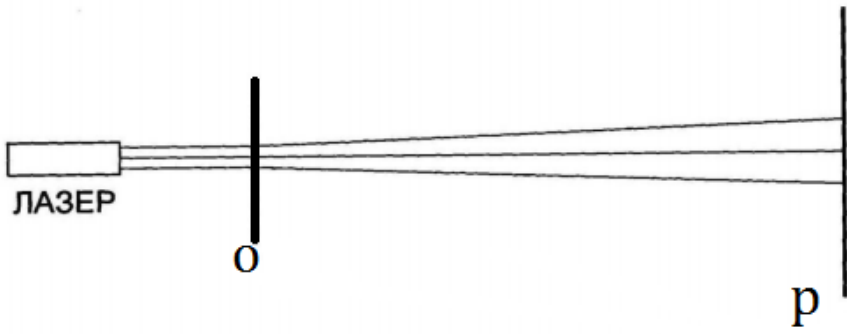


рис.7

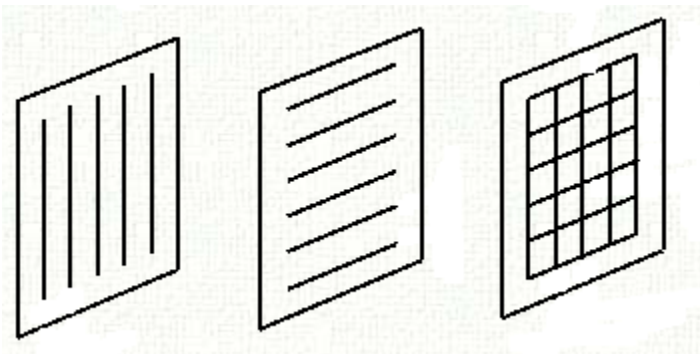


рис.8

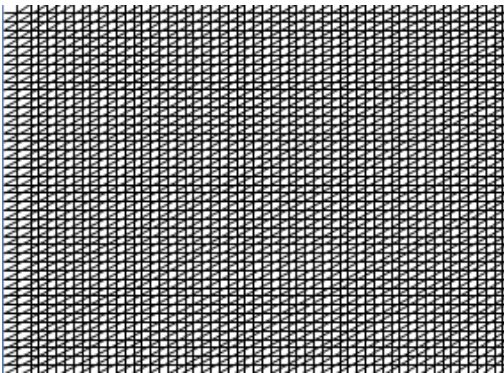


рис.9

Литература.

- [1]. А.В.Перышкин. Физика 8 класс.
- [2]. <http://fb.ru/article/239553/что-такое-свет-свет-источники-света-solnechnyy-svet>
- [3]. <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/primenenie/161-printsipy-raboty-lazero>
- [4]. <https://ru.wikipedia.org>
- [5]. Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, В.М.Чаругин. Физика 11 класс.Оптика.
- [6]. <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article23377>
- [7]. http://bog5.in.ua/lecture/wave_optics_lect/lect3_wave.html
- [8]. http://physlesh.narod.ru/download/07_Hologramms.pdf