

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики и методико-информационных технологий

**Разработка комплекта учебно-методических материалов для
проведения дистанционных уроков по волновой оптике**

АВТОРЕФЕРАТ

выпускной квалификационной работы

студентки 5 курса 5002 группы
направления 44.03.01 «Педагогическое образование»
института физики

Усенко Вероники Геннадьевны

Научный руководитель

д. ф.-м. н., профессор

Бл 01.06.21

Т. Г. Бурова

Заведующий кафедрой

д. ф.-м. н., профессор

Бл 01.06.21

Т. Г. Бурова

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

Дистанционное обучение занимает всё большую роль в модернизации образования, позволяет перейти к новым информационно-педагогическим технологиям обучения. Дистанционное обучение не является новой технологией обучения, но вместе с тем имеется необходимость разработки учебно-методических материалов для его проведения, так как, имеющееся у учителя учебно-методическое обеспечение для проведения традиционного урока, может быть недостаточно совершенным. Создание и использование комплекта учебно-методических материалов для проведения дистанционных уроков направлено на приспособление учителя к новым реалиям, а также на повышение эффективности дистанционного обучения.

Изучение вопросов волновой оптики начинается в 11 классе. Волновая оптика – обширная и непростая наука, в связи с этим мною была сделана попытка разработать 2 вопроса данного раздела – «Интерференция» и «Дифракция» и предложить методические моменты, которые могут быть использованы учителями физики для изучения темы на дистанционном уроке.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка комплекта учебно-методических материалов для проведения дистанционных уроков по волновой оптике.

В соответствии с целями работы были сформулированы следующие задачи:

- 1) изучить учебно-методическую литературу по данной теме;
- 2) рассмотреть основные понятия волновой оптики;
- 3) описать явления интерференции и дифракции;
- 4) разработать детальное учебно-методическое обеспечение по выбранной теме, включая презентацию к уроку, подбор видеофрагментов, задачи различного уровня сложности; лабораторные работы; контрольно-измерительные материалы.

Работа состоит из введения, двух разделов, заключения, списка использованных источников и приложений.

Краткое содержание

В первом разделе приведены теоретические сведения по волновой оптике. Описаны такие темы по физике как: электромагнитная природа света, явления интерференции и дифракции, которые включают в себя следующие пункты: сложение колебаний, когерентные источники, условия максимума и минимума, интерференционная картина, схема Юнга, интерференция света, волновой цуг, интерференция в тонких плёнках, кольца Ньютона, практическое применение интерференции, дифракция, принцип Гюйгенса-Френеля, метод зон Френеля, прямолинейность распространения света, дифракция в круглом отверстии, дифракция на щели.

Второй раздел «Учебно-методические материалы для проведения дистанционных уроков» включает в себя: презентацию материала к урокам усвоения новых знаний, подборку видеофрагментов к урокам усвоения новых знаний, задачи различного уровня сложности, лабораторные работы, контрольно-измерительные материалы.

Презентация материала к урокам усвоения новых знаний включает в себя план-конспект урока «Дифракция света». В уроке использованы такие цифровые образовательные ресурсы, как презентация и видеофайлы. Видеофрагменты для урока взяты из открытых цифровых площадок.

Следующий пункт включает в себя подборку видеофрагментов к урокам усвоения новых знаний и описание к ним.

Для знакомства с явлением интерференции в качестве демонстрационного эксперимента ученики наблюдают опыт Юнга. Он взял источник света, которым служила ярко освещенная щель, от которой фронт волны падает на две узкие равноудаленные щели, параллельные источнику. Эти две щели становились источниками вторичных сферических когерентных волн. В результате проведенного опыта Юнг получил не меняющуюся во времени картину, состоящую из чередующихся светлых и темных полос. Он смог дать правильное толкование результатов опыта, объяснив возникновение полос интерференцией света. Ниже представлен скриншот видеофрагмента.



Интерференцию можно наблюдать и в естественных условиях. Например, окраска мыльных пузырей или тонких плёнок бензина на поверхности воды объясняется интерференцией волн, отражённых от наружной и внутренней поверхностей плёнки. В видеофрагменте ученики наблюдают опыт интерференции света в тонких плёнках. Проволочное кольцо помещают в стакан с мыльным раствором. Внутри кольца образуется мыльная плёнка. Со временем в верхней части каркаса появляются радужные горизонтальные полосы, постепенно они перемещаются вниз. Через некоторое время образование полос прекращается, и плёнка лопается.

Ученики узнают из этого опыта, что плёнка освещается белым светом, состоящим из волн, имеющих разную частоту (и длину волны). Разность хода лучей, отражённых от разных граней плёнки, зависит от её толщины. При определённой толщине условие максимума выполнится для какой-то длины волны, и плёнка в отражённом свете приобретёт окраску в цвет, соответствующий данной длине волны. Если плёнка имеет переменную толщину, то интерференционные полосы приобретут радужную окраску.

Задачи различного уровня сложности включают в себя 8 задач – простого уровня (3 задачи), среднего (3 задачи) и сложного (2 задачи).

Задача 4 (средний уровень).

На дифракционную решётку нормально падает монохроматический свет с длиной волны 314 нм. Определить период дифракционной решётки, если угол между максимумами первого и второго порядка составляет 2° . Углы дифракции считать малыми.

Дано: $\lambda = 314 \text{ нм} = 314 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, $k_1 = 1$, $k_2 = 2$, $\Delta\varphi = 2^\circ$.

Найти: d -?

Решение задачи. Запишем формулу дифракционной решётки:

$$d \sin \varphi = k\lambda \quad (1)$$

Запишем формулу (1) для первого и второго максимумов:

$$d \sin \varphi_1 = k_1 \lambda$$

$$d \sin \varphi_2 = k_2 \lambda$$

В условии говорится, что углы дифракции можно считать малыми, поэтому справедлив переход от синусов углов к самим углам, то есть:

$$\sin \varphi \approx \varphi$$

Тогда:

$$d\varphi_1 = k_1 \lambda$$

$$d\varphi_2 = k_2 \lambda$$

Вычтем из нижнего уравнения верхнее:

$$d(\varphi_2 - \varphi_1) = (k_2 - k_1)\lambda$$

Разность углов дифракции для второго и первого порядков есть угол между максимумами первого и второго порядка $\Delta\varphi$, который дан в условии, поэтому:

$$d\Delta\varphi = (k_2 - k_1)\lambda$$

Откуда искомый период дифракционной решётки равен:

$$d = \frac{(k_2 - k_1)\lambda}{\Delta\varphi}$$

Задача решена в общем виде, подставим данные из условия в полученную формулу и посчитаем численный ответ (угол $\Delta\varphi$ должен быть переведен в радианы, для чего его нужно умножить на π и разделить на 180°):

$$d = \frac{(2-1) \cdot 314 \cdot 10^{-9} \cdot 180^\circ}{2^\circ \cdot 3.14} = 9 \text{ мкм.}$$

Ответ. $d = 9 \text{ мкм.}$

Далее представлены 2 виртуальные лабораторные работы. Лабораторная работа выполняется в программе, которую ученики самостоятельно скачивают и

устанавливают на свой компьютер. Ссылка для скачивания:

http://seninvg07.narod.ru/004_fizika/data/labor/11/11_03_difresh.rar

Лабораторная работа № 1. Экспериментальное определение длины световой волны.

Цель работы: получить дифракционный спектр и определить длину волны света.

Оборудование: дифракционная решётка в держателе, линейка, по которой может перемещаться экран с узкой щелью посередине, линейка с миллиметровыми делениями на экране, источник света.

Ход работы.

Положение максимумов в дифракционной картине соответствует условию:

$$d \sin \varphi_m = k\lambda$$

где d – постоянная дифракционной решётки,

φ_m – угол отклонения выбранного максимума,

k – порядок максимума,

λ – длина волны.

Длину волны можно определить, используя выражение:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{k}$$

Поскольку углы, под которыми наблюдаются максимумы 1-го и 2-го порядков, не превышают 5° , можно вместо синусов углов использовать их тангенсы:

$$\tan \varphi_m = \frac{y}{F}$$

где y – расстояние по шкале экрана от щели до выбранной линии спектра,

F – расстояние от решётки до экрана.

Поэтому:

$$\lambda = \frac{dy}{Fk}$$

1. Изменяя постоянную дифракционной решётки с помощью переключателей, проследите изменение положения максимумов.

2. Изменяя длину волны с помощью переключателей или ползунка на спектральной полосе, проследите изменения положения максимумов и их интенсивности.

3. Установите ползунок на жёлтую часть спектра.

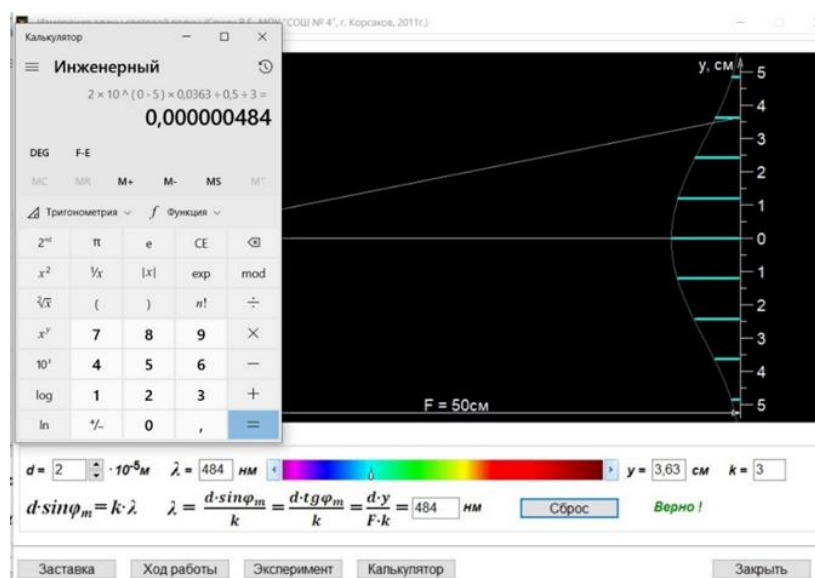
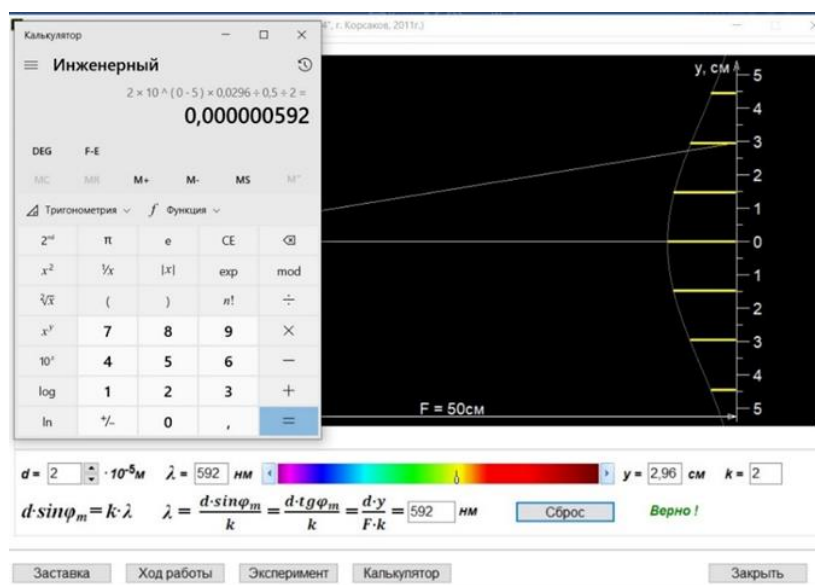
4. Выберите второй максимум, щелкнув по его изображению.

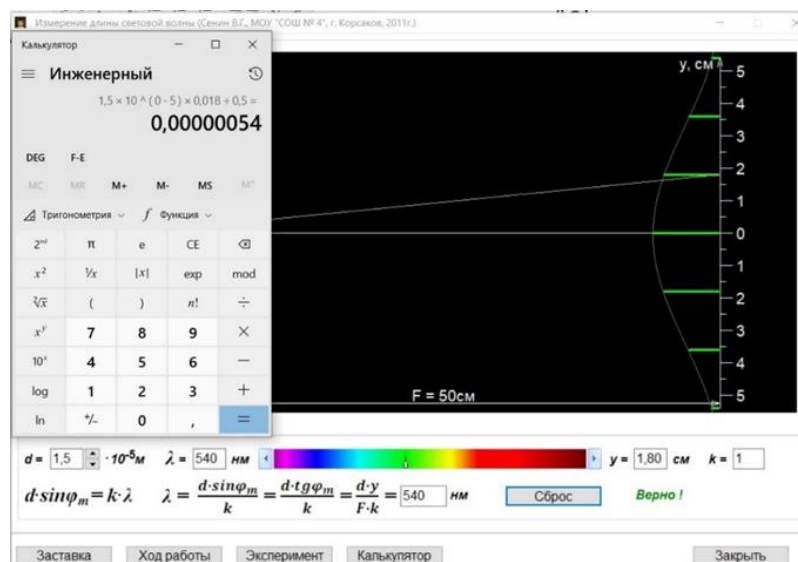
5. Вычислите длину волны жёлтого цвета.

6. Введите полученный результат в поле ответа и проверьте его.

7. Изменяя постоянную решётки, порядок максимума и положение ползунка, найдите длину световой волны голубого и зелёного цвета.

Скриншоты выполнения лабораторной работы





Лабораторная работа № 2. Дифракция лазерного излучения.

Лабораторная работа выполняется в программе, которую ученики самостоятельно скачивают и устанавливают на свой компьютер. Ссылка для скачивания: https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file_get/308682?nomenu=1

Цель работы: определить ширину щели по дифракционным картинам на экране наблюдения.

Оборудование: щель, закреплённая в держателе, источник света (лазер), экран, линейка.

Ход работы.

Дифракцией называют все отклонения от прямолинейного распространения света. Если источник света и точка наблюдения расположены от препятствия настолько далеко, что лучи, падающие на препятствие, и лучи, идущие в точку наблюдения, образуют практически параллельные пучки, говорят о дифракции Фраунгофера или дифракции в параллельных пучках. В противном случае говорят о дифракции Френеля или дифракции в сходящихся пучках.

На рисунке 21 показано поперечное сечение щели шириной b , на которую падает плоская монохроматическая световая волна.

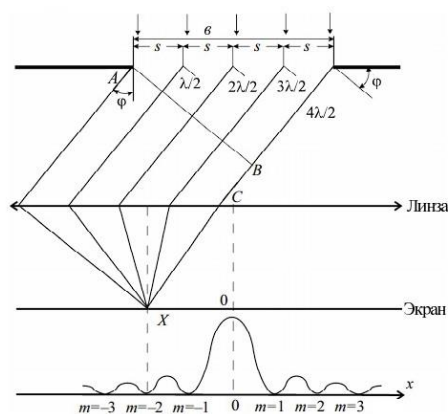


Рисунок 1 – Поперечное сечение щели

Разность хода между лучами, идущими от краёв щели, равна $\Delta = b \sin \varphi$. Тогда число зон Френеля, на которые можно разбить видимую часть фронта волны, будет равным:

$$N = \frac{\Delta}{\left(\frac{\lambda}{2}\right)} = \frac{b \sin \varphi}{\left(\frac{\lambda}{2}\right)} \quad (1)$$

Это следует из того, что разность хода между границами соседних зон равна $\frac{\lambda}{2}$. Полученное равенство можно переписать в виде $b \sin \varphi = N \frac{\lambda}{2}$. Если число зон нечетное, то есть $N = 2m + 1$ (m - целое), то в точке X наблюдается максимум интенсивности. Если число зон четное, то есть $N = 2m$ (m - целое), то в точке X наблюдается минимум интенсивности. Таким образом, при дифракции на щели:

Условие минимума интенсивности $b \sin \varphi_m = \pm m \lambda$ (2);

Условие максимума интенсивности $b \sin \varphi_m = \pm (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$ (3);

где b – ширина щели,

φ_m – угол отклонения выбранного минимума,

m – порядок минимума,

n – порядок максимума,

λ – длина волны.

Поскольку углы, под которыми наблюдаются минимумы 1-го и 2-го порядков, не превышают 5° , можно вместо синусов углов использовать их тангенсы:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{F} \quad (4)$$

где x – расстояние по шкале экрана от щели до выбранной линии спектра,
 F - расстояние от решётки до экрана.

На экране достаточно удаленном (на расстояние F) от щели, дифракцию Фраунгофера можно наблюдать и без собирающей линзы, для этого необходимо, чтобы выполнялось условие $F \gg \frac{b^2}{\lambda}$.

Из условий (2-4) следует, что координаты минимумов и максимумов при дифракции равны соответственно:

$$x_m = \pm m \frac{\lambda}{b} F \quad (5)$$

где $m = 1, 2, 3 \dots$ – координаты минимумов при дифракции на щели;

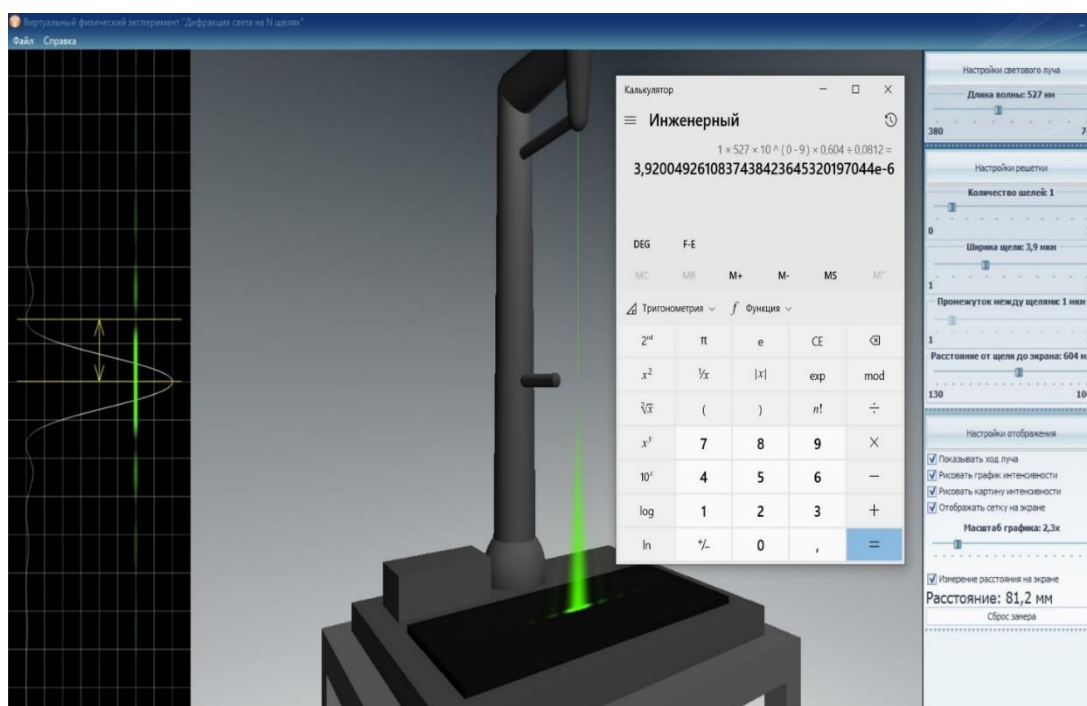
$$x_n = \pm \left(n + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{b} F \quad (6)$$

где $n = 1, 2, 3 \dots$ - координаты максимумов при дифракции на щели.

1. Ознакомьтесь с виртуальной установкой и интерфейсом. При необходимости обратитесь в справке.
2. Пронаблюдайте дифракционную картину, возникающую при прохождении лазерного луча через 1, 2, 3, 4, 10 щелей. Объясните увиденное.
3. Пронаблюдайте, как меняется дифракционная картина от 1 щели при изменении длины волны лазерного излучения, ширины щели, расстояния от щели до экрана. Объясните увиденное.
4. Пронаблюдайте, как меняется дифракционная картина от 10 щелей при изменении промежутка между щелями. Объясните увиденное.
5. Установите длину волны в диапазоне 527 нм. Значения можно установить с точностью до 1 нм.
6. Установите в пункте количество щелей 1 щель.
7. В соответствующих полях установите ширину щели 3,9 мкм (с точностью до 0,1 мкм) и расстояние от щели до экрана 604 мм (градация 1 мм).
8. В настройках отображения поставьте галочку в поле «Рисовать картину интенсивности».

9. Определите положение минимума 1 порядка. Для этого поставьте галочку «Измерьте расстояние на экране». На экране распределения интенсивности двойным щелчком левой кнопки мыши зафиксируйте начало отсчета на точке центрального максимума. Передвиньте курсор в точку минимума 1го порядка и одинарным щелчком левой кнопки мыши зафиксируйте его положения. Запишите полученное расстояние. Рассчитайте по формуле (5) ширину щели. Сравните с заданным вами значением. При необходимости можете изменить масштаб.
10. Проанализируйте результаты наблюдений и полученные зависимости. Сделайте выводы.

Скриншот выполнения лабораторной работы.



В следующем пункте приводятся 2 варианта контрольно-измерительных материалов.

Вариант 1

А1. Дифракционная решетка имеет ряд параллельных щелей шириной a каждая, разделенных непрозрачными промежутками шириной b . Каким условием определяется угол φ к нормали, под которым наблюдается первый дифракционный максимум?

1) $a \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}$

2) $b \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}$

3) $(a + b) \sin \varphi = \frac{\lambda}{2}$

4) $(a + b) \sin \varphi = \lambda$

A2. Какие из перечисленных ниже излучений способны дифрагировать на краю препятствия?

- 1) только рентгеновское излучение;
- 2) только видимое излучение (свет);
- 3) только радиоволны;
- 4) всё перечисленное.

A3. Какие условия необходимы и достаточны для наблюдения максимума интерференции электромагнитных волн от двух источников?

- 1) источники волн когерентны, разность хода может быть любой
- 2) разность хода $\Delta d = k\lambda$, источники могут быть любые
- 3) разность хода $\Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, источники могут быть любые
- 4) источники волн когерентны, разность хода $\Delta d = k\lambda$.

A4. Какие из перечисленных ниже явлений объясняются интерференцией света?

- а) радужная окраска тонких мыльных пленок
- б) кольца Ньютона
- в) появление светлого пятна в центре тени от малого непрозрачного диска
- г) отклонение световых лучей в область геометрической тени

- 1) только а
- 2) а и б
- 3) а, б, в и г
- 4) в и г

A5. Чем объясняется дисперсия белого света?

1) Цвет света определяется длиной волны. В процессе преломления длина световой волны изменяется, поэтому происходит превращение белого света в разноцветный спектр;

2) Белый свет — это смесь света разных частот, цвет определяется частотой, коэффициент преломления света зависит от частоты. Свет разного цвета идет по разным направлениям;

3) Призма поглощает белый свет одной длины волны, а излучает свет с разными длинами волн;

4) Призма поглощает белый свет одной частоты, а излучает свет разных частот.

В1. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно к плоскости зеркал падает световая волна с частотой $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Каким должно быть минимальное расстояние между зеркалами, чтобы наблюдался первый минимум интерференции проходящих лучей? (Ответ выразите в нанометрах.)

В2. На дифракционную решетку с периодом $d = 0,005$ мм нормально к ее поверхности падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500$ нм. За решеткой, параллельна ее плоскости, расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 6$ см. Чему равно расстояние между максимумами первого и второго порядков на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы?

С1. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго ($k_1 = 2$) и третьего порядков ($k_2 = 3$) частично перекрывают друг друга. На линию какого цвета в спектре второго порядка ($\lambda_1 = ?$) накладывается синяя линия ($\lambda_2 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ м) спектра третьего порядка?

С2. На дифракционную решетку падает нормально белый свет. Линза, помещенная вблизи решетки, проектирует спектр на экран, отстоящий от линзы на 3 м. Ширина спектра первого порядка 66 см. Определить постоянную решетки. Границы видимого света $\lambda_{кр} = 770$ нм, $\lambda_{ф} = 380$ нм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе мною был разработан учебно-методический комплект для проведения дистанционных уроков по волновой оптике. Он включает в себя информационные материалы, требуемые для изучения дисциплины, а именно: теоретический материал, демонстрационные эксперименты, задачи разных уровней сложности, лабораторные работы и контрольно-измерительные материалы, представленные в двух вариантах.

В разработке были использованы наглядные пособия для более глубокого усвоения знаний, электронные ресурсы, допустимые к использованию в учебном процессе, а также существующие интерактивные материалы по предмету. Все это отвечает современным требованиям к реализации программ с применением дистанционных образовательных технологий.

В ходе выполнения работы была изучена учебно-методическая литература по волновой оптике, рассмотрены и описаны основные понятия волновой оптики, описаны явления интерференции и дифракции, даны методические указания к выполнению практической части, которая состоит из лабораторной работы, задач разных уровней сложности, контрольно-измерительных материалов. Таким образом, сформированный в данной работе материал практически реализуем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подольский, В. А. и др. Волновая оптика. Конспект лекций: Учеб. пособие / РХТУ им. Д. И. Менделеева; Новомосковский ин-т. Новомосковск, 2002.-28 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=33843>; дата обращения: 05.05.2021
2. Яковлев, И. В. Волновая оптика [Электронный ресурс] – URL: [Волновая оптика \(mathus.ru\)](http://mathus.ru); дата обращения: 08.05.2021
3. Оптика для обучающихся по программам специалитета и бакалавриата всех направлений : учеб. пособие / [С. В. Данилов и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. [Электронный ресурс] – URL: https://omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_of_quot_physics_quot/File/3/Danilov_Optika.pdf; дата обращения: 10.05.2021
4. Электронный аналог печатного издания: Н. В. Бердинская, Э. М. Ярош Волновая оптика : конспект лекций. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2009. – 76 с. [Электронный ресурс] – URL: https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_of_quot_physics_quot/File/3/wave_opt-BNV-KL-2015.pdf; дата обращения: 10.05.2021
5. Мякишев, Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. Учреждений: базовый и профильный уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. В. И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. - 19-е изд. - М. : Просвещение, 2010. - 399 с., [4] л. ил. - (Классический курс).
6. Физика. Оптика: Учеб. пособие: В 2 ч. Ч. 2. Волновая оптика / Авт.-сост. А. В. Парамонов, Л. В. Никольская, И. А. Клепинина, А. В. Ермолов.– Изд. второе, перераб. и доп.– Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2013.– 109 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://tsput.ru/res/fizika/KNIGI/Optika-2-2013.pdf>; дата обращения: 11.05.2021
7. Рымкевич А.П. Физика. Задачник 10-11 кл. : пособие для общеобразоват. учреждений / А.П. Рымкевич. - 17-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2013. - 188, [4] с.: ил. - (Задачник «Дрофы»).

8. Кузнецов, С. И. Сборник задач по физике с решениями. Геометрическая, квантовая и волновая оптика: учебное пособие/ С. И. Кузнецов, Т. Н. Мельникова, Е. Н. Степанова; - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 41 с. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2011/m13.pdf>; дата обращения: 11.05.2021
9. Зорин, Н. И. Контрольно-измерительные материалы. Физика: 11 класс 1 Сост. Н.И. Зорин.- М.: ВАКО, 2011. - 112 с.- (Контрольно-измерительные материалы).
10. Чертов, А. Г. Воробьёв, А. А. Задачник по физике: Учеб. пособие для студентов втузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2001. – 640 с.
11. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики. Изд. доп. и перераб. – СПб.: СпецЛит, 2002. – 327 с.
12. Физика виртуальные лабораторные работы: измерение длины световой волны, 2011. [Электронный ресурс] – URL: http://seninv07.narod.ru/004_fizika/data/labor/11/11_03_dif_reshe.rar; дата обращения: 07.05.2021
13. Виртуальная лабораторная работа «Дифракция света», 2010. [Электронный ресурс] – URL: https://ciu.nstu.ru/kaf/of/a/file_get/308682?nomenu=1; дата обращения: 07.05.2021
14. Волновая оптика: методические указания по физике для студентов/ Сост.: А.М. Погребной, Т.П. Погребная, Г.И. Пузырева; ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 80 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.isuct.ru/sites/default/files/department/ighu/kafedra-fiziki/16112016/optics.pdf>; дата обращения: 12.05.2021
15. «Опыт Юнга». [Видеозапись] // YouTube. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=wugCGCwWsSM&t=282s>; дата обращения: 13.05.2021
16. «Интерференция в тонких плёнках». [Видеозапись] // YouTube. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=S8orH3bft0c&t>; дата обращения: 13.05.2021

17. «Кольца Ньютона». [Видеозапись] // YouTube. [Электронный ресурс] –URL: <https://www.youtube.com/watch?v=b-CKYsO6AQI&t=27s>; дата обращения: 13.05.2021

18. «Дифракция параллельного пучка света от щели». [Видеозапись] // YouTube. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=LN3UEYf4Cp0&t=1s>; дата обращения: 13.05.2021

19. «Явление дисперсии света». [Видеозапись] // YouTube. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=uHABVJrmE3I&t=52s>; дата обращения: 13.05.2021

20. «Поперечность световых волн. Поляризация света. Опыт с турмалином». [Видеозапись] // YouTube. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xMuo2aTDw3I>; дата обращения: 13.05.2021



Усенко В. Г

01. 06. 2021