

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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
по теме «Дифракция на решётке»**

АВТОРЕФЕРАТ

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 461 группы

по направлению 44.03.01 «Педагогическое образование»

физического факультета

Шульженко Нины Эдуардовны

Научный руководитель
д.ф.-м.н., профессор



05.06.2020

Т. Г. Бурова

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор



05.06.2020

Т. Г. Бурова

Саратов 2020

Введение

Вопросы о природе распространения света имеют многовековую историю, при этом до определённого момента ученые считали, что физические свойства света должны подчиняться конкретным законам. Так в XVII веке начали развиваться две разнонаправленные теории, объясняющие, что такое свет. Одна из них связана с именем Ньютона, вторая – с именем Гюйгенса. Ньютон придерживался так называемой корпускулярной теории света, в которой говорится о том, что свет – это поток частиц, идущих от источника во всех направлениях. В то же время Гюйгенс утверждал, что свет – это волна, распространяющаяся в особой гипотетической среде – эфире, заполняющем всё пространство. На сегодняшний день, благодаря опытам таким ученых как Юнг, Френель, Гримальди, Максвелл, Томпсон, де Бройль и многих других, в физике сложилось представление о корпускулярно-волновом дуализме, объединяющем в себе обе теории.

Существует множество явлений, доказывающих волновую природу распространения света, например, интерференция и дифракция. Данные явления, присущие исключительно волновому движению, нашли своё практическое применение в различных областях науки и техники (фотография, астрономия, промышленная оптика и т.д.). В частности, дифракция, лежит в основе различных методов исследования веществ (дифракционный метод).

Основы явления дифракции света изучаются на уроках физики в старшей школе. В 11 классе, учащиеся знакомятся с таким понятием как «дифракция» и рассматривают частные случаи распространения света на решётке и на щели. Помимо этого, вопросы и задачи по данной теме входят в открытый банк заданий единого государственного экзамена по физике. Таким образом, данная тема является актуальной для изучения не только, в рамках практического использования знаний, но и методики преподавания физики в старшей школе [6].

Целью данной работы является разработка комплекта учебно-методических материалов по теме «Дифракция на решетке», изучаемой в рамках школьного курса физики.

Задачи:

- 1) изучение материала по теме «Дифракция света», предлагаемого в различных учебных пособиях по физике;
- 2) анализ теоретического материала и представление его в форме конспекта урока усвоения новых знаний;
- 3) подбор количественных и качественных задач различного уровня сложности;
- 4) описание традиционной и виртуальной лабораторных работ по теме;
- 5) подготовка материалов для контроля знаний;
- 6) выводы по проделанной работе, анализ соответствия целей и результатов.

Выпускная квалификационная работа содержит введение, две главы, заключение и список использованных источников.

Краткое содержание

В школьном курсе физики понятия «Дифракция механических волн» и «Дифракция света» впервые встречаются в 11 классе в ходе изучения раздела «Световые волны». Здесь учащиеся знакомятся с определением дифракции, условиями её возникновения и различными опытами, подтверждающими это явление (опыт Юнга, теория Френеля). Материал, предназначенный для базового уровня по данной теме, значительно отличается от профильного. В ходе методического сравнения различных учебных пособий, были выделены основные аспекты изучения данной темы в старшей школе.

Тема «Интерференция света» как правило рассматривается учащимися еще в 9 классе. Там они впервые знакомятся с понятиями: когерентные волны и интерференция звуковых волн, рассматривают результаты опыта Юнга

и полученные в ходе эксперимента интерференционные картины. В старшей школе, учениками предлагается на основе изученных ранее понятий рассмотреть условия максимума и минимума, которые являются основой для дальнейшего изучения «Дифракции света». Однако базовый уровень изучения оптики, в отличие от профиля, не рассматривает: подробный математический вывод условий максимума методом зон Френеля, дифракция Фраунгофера, векторные диаграммы, дифракции на двух щелях и разрешающую способность оптических приборов.

Обратимся к календарно-тематическому планированию. В рабочей программе по физике для 11 класса базового уровня на изучение раздела «Световые волны» отводится 7 академических часов, и 4 лабораторных работы, в частности на изучение тем: «Дифракция механических волн» и «Дифракция света» обычно предлагается 3 часа из общего количества часов. Что касается профильного уровня, то здесь на изучение этих же тем, предлагается выделить около 5 академических часов. Также предполагается наличие лабораторных и демонстрационных опытов [5].

Пример урока с использованием проработанного теоретического материала.

Тип урока: урок усвоения новых знаний

Тема урока: «Дифракция на решётке».

Раздел: «Геометрическая оптика».

Класс: 11.

Цель урока: продолжить формирование представлений о волновой природе света, изучить особенности дифракции света на щели и на решётке.

Задачи урока:

Обучающая:

вести понятия дифракции света, показать причинно-следственную связь между интерференцией и дифракцией, где наблюдается данное явление в природе, условие наблюдения дифракции; познакомить учащихся с устрой-

ством дифракционной решетки и способом измерения с ее помощью длины световой волны.

Развивающая:

- 1) в целях развития научного мировоззрения сформировать у учащихся представление о дифракции, как о явлении, подтверждающем волновую теорию света, показать универсальность понятий интерференции, дифракции, дисперсии для любых волновых процессов;
- 2) развивать навыки работы с различными компьютерными программами.

Воспитательная:

- 1) знакомство с научной работой Томаса Юнга;
- 2) соотношения теории и опыта при становлении волновой теории света;
- 3) продолжить формировать навыки самостоятельной работы, выдвигать гипотезы, принимать решения.

УУД: личностные, регулятивные, познавательные, коммуникативные.

Формы работы на уроке: составление опорного конспекта (схемы), наблюдения.

Методы обучения: информационно-развивающих, наглядный.

Фрагмент урока.

Первичное усвоение новых знаний по теме «Дифракция на решётке»

До этого, мы с вами рассматривали дифракционные картины, получаемые при прохождении света через узкую щель. Сегодня мы с вами рассмотрим, дифракционную картину, получаемую с помощью решётки.

Явление дифракции лежит в основе устройства оптического прибора, называемого дифракционной решёткой. Что это за прибор? Он представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделённых непрозрачными промежутками (см. рисунок 1).

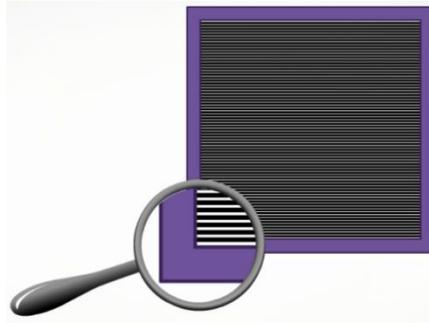


Рисунок 1 – Дифракционная решётка

Если обозначит ширину прозрачных щелей буквой b , а ширину непрозрачных щелей буквой a , то период дифракционной решётки d , будет равен

$$d = a + b$$

Чаще всего период дифракционной решётки составляет порядка 10 мкм. Рассмотрим элементарную дифракционную решётку. Пусть на решётку, изображённую на рисунке 8, падает плоская монохроматическая волна длиной волны λ .

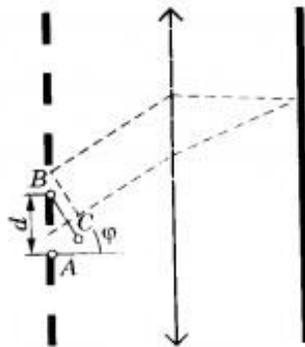


Рисунок 2 – Схема разности хода лучей

Так как период дифракционной решетки очень мал, то волна будет огибать непрозрачные промежутки. Согласно принципу Гюйгенса вторичные источники, расположенные в щелях, когерентны и создают световые волны, распространяющиеся по всем направлениям. Какого же будет условие, при котором идущие от щелей волны усиливают друг друга. Рассмотрим, волны, распространяемые под углом φ . Разность хода волн от краёв соседних щелей равна длине отрезка AC. Если на этом отрезке укладывается целое число длин волн, то волны от всех щелей, распространяющиеся под углом φ , скла-

дываясь, будут усиливать друг друга. Из треугольника ABC можно найти длину катета AC: $AC = AB \sin \varphi = d \sin \varphi$.

Условие максимума:

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

где величина $k=1, 2, 3, 4\dots$ определяет порядок спектра.

При выполнении данного условия максимумов, усиливают друг друга не только волны, идущие от нижних краёв щелей, но и волны, идущие от всех других точек щелей.

Углы φ удовлетворяющие условию максимума определяют положение так называемых главных максимумов на экране.

Наряду с картиной, получаемой в результате дифракции света, в случае дифракционной решётки наблюдается дифракционная картина и от отдельных щелей. Интенсивность максимумов в ней меньше интенсивности главных максимумов [3].

Комплект задач на тему «Дифракция на решётке» включает 3 блока заданий различного уровня сложности. Первый блок представляет собой качественные задачи, направленные на проверку понимания основных законов дифракции и особенностей этого физического явления. Второй блок состоит из количественных задач среднего уровня сложности, предполагает проверку понимания и применение основных формул для расчета периода дифракционной решётки, длины волны и частоты колебаний. Третий блок заданий включает типовые задачи ЕГЭ с развёрнутым ответом (вторая часть) [8]. Пример задач представлен ниже.

Блок I.

Задача 1.1

При освещении дифракционной решетки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из темных и светлых вертикальных полос. В первом опыте расстояние

между светлыми полосами оказалось больше, чем во втором, а во втором больше, чем в третьем. Расположите в правильной последовательности цвета монохроматического света, которым освещалась решётка; зелёный, красный, синий.

Блок II.

Пример решения задач.

На дифракционную решётку периодом 10^{-6} м перпендикулярно падает плоская волна. Максимум освещённости третьего порядка наблюдается под углом 45° . Чему равна длина волны падающего света [10]?

Дано:

$$d = 10^{-6} \text{ м}$$

$$\varphi = 45^{\circ}$$

$$k = 4$$

$$\lambda = ?$$

Решение:

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

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k}$$

$$\lambda = \frac{10^{-6} \cdot \sqrt{2}}{8} \approx 175 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 175 \text{ нм}$$

Ответ: 175 нм

Блок III.

Пример решения задач.

Параллельный пучок света от ртутной лампы нормально падает на дифракционную решётку с периодом $d = 2$ мкм. За решёткой находится объектив с фокусным расстоянием $F = 15$ см, а в его фокальной плоскости, параллельной решётке, — экран, на котором наблюдается линейчатый спектр лампы. Каково расстояние Δl на экране в спектре порядка $k = 3$ между зелёной линией с длиной волны $\lambda_1 = 546$ нм и синей линией с длиной волны $\lambda_2 = 440$ нм [9]?

Дано:

Решение:

$$d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$F = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$k = 3$$

$$\lambda_1 = 546 \text{ нм} = 546 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 440 \text{ нм} = 440 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\Delta l - ?$$

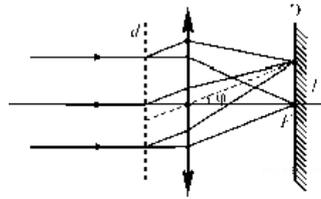


Рисунок 9 – Чертёж к задаче

$$\sin \varphi = \frac{l}{\sqrt{l^2 + F^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{F}{\sqrt{l^2 + F^2}}$$

$$l = F \cdot \operatorname{tg} \varphi \text{ (расстояние от нулевого макси-}$$

мума до максимума третьего порядка)

Выражаем $\operatorname{tg} \varphi$ через условие максимума

$$\sin \varphi = \frac{k\lambda}{d}, \text{ получаем}$$

$$l = \frac{Fk\lambda}{\sqrt{d^2 - k^2\lambda^2}}$$

Тогда искомое расстояние Δl равно

$$\Delta l = Fk \left(\frac{\lambda_1}{\sqrt{d^2 - k^2\lambda_1^2}} - \frac{\lambda_2}{\sqrt{d^2 - k^2\lambda_2^2}} \right)$$

$$\Delta l \approx 49 \text{ мм}$$

Ответ: 49 мм.

Лабораторная работа на тему «Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решётки»

Цель работы: определение длины световой волны экспериментальным способом, с помощью дифракционной решётки.

Оборудование: оптическая скамья, рейтер с источником света, рейтер, слайд-рамка с дифракционными решётками, слайд-рамка с комплектом диафрагм, собирающая линза, соединительные провода, выпрямитель ВУ-4М, экран (см. рисунок 3).

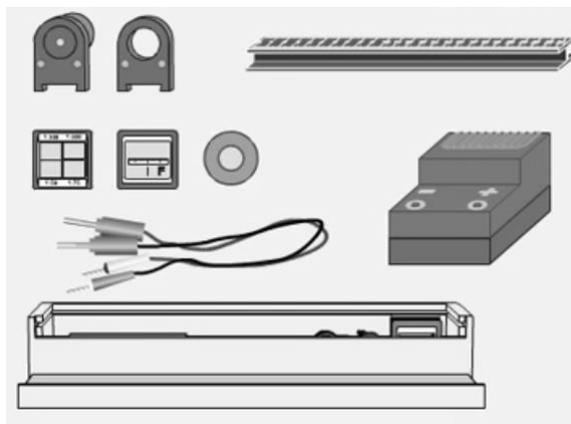


Рисунок 3 – Оборудование для лабораторной работы

Ход работы заключается в измерении расстояния от выбранного максимума до нулевого, с последующей подстановкой значений в рабочую формулу для расчета длины световой волны.

Лабораторная работа рассчитана для 11 класса.

В условиях дистанционного обучения можно предложить учащимся проделать виртуальную лабораторную работу по теме «Дифракция на решётке». Компьютерную модель установки можно найти на специальной платформе mediadiktika (см. рисунок 4). Ход работы подобен предложенному выше.

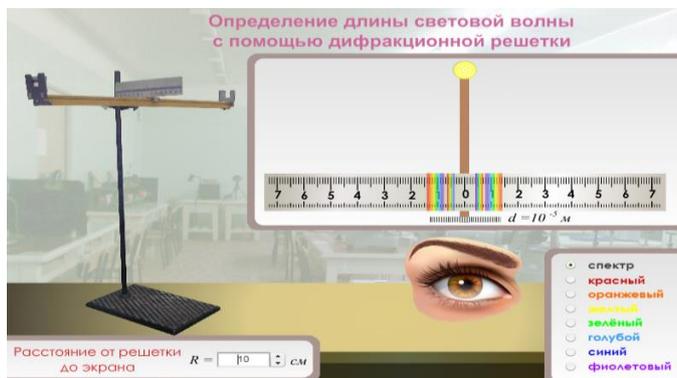


Рисунок 4 – Виртуальная лабораторная работа «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки»

Материалы для проверки полученных знаний по теме «Дифракция на решётке» разработаны в формате заданий с развёрнутым ответом и разделены на 4 варианта. Каждый вариант включает один теоретический вопрос и три количественных задачи, разного уровня сложности собранных из материала представленного в пункте 2.1.

Квест – технология – это особая организация учебного процесса, базирующаяся на синтезе проблемного обучения и игрового обучения. Участники квеста, как правило работают командой. Задача каждой команды пошагово, находя решение каждой проблемной ситуации, прийти к общему выводу. Квест–технология отличается от обычной игровой главным образом наличием связанных между собой проблемный заданий. Ниже приведен фрагмент нетрадиционного урока с использованием квест-технологии (Web-квест на платформе Learnis) по теме «Дифракционная решётка».

Фрагмент урока

Квест

Для прохождения Web-квеста учащиеся объединяются в группы, на каждую группу по одному ПК, и переходят по ссылке к заданию.

Учитель: вы находитесь в комнате (см. рисунок 5). Как видите в комнате бардак, в ней необходимо убратся. В процессе уборки, вы будете находить задания, выполнив, которые вы сможете найти код от двери. Главное соблюдать порядок выполнения заданий!!! Ответ к каждому заданию необходимо выписать на листочек, получившаяся комбинация цифр и будет являться кодом от двери.



Рисунок 5 – квест-комната, с заданиями по теме урока

Например, в первом задании ответ 1, во втором – 2, в третьем – 3 и т.д.
Код должен получиться: 123...

Заключение

Главной целью бакалаврской работы являлось создание комплекта учебно-методических материалов по теме «Дифракция на решётке».

В процессе подготовки работы были рассмотрены основные законы и понятия, изучаемые в школьном курсе физики в разделе «Дифракция света», опыты по изучению дифракции (опыт Юнга, эксперименты Френеля, Фраунгофера и др.); непосредственное содержание темы «Дифракция на решетке»; проведен методический анализ места изучаемой темы в календарно-тематическом планировании изучения раздела оптики в 11 классе базового и профильного уровня.

В соответствии с поставленными задачами в работе представлены конспект урока усвоения новых знаний по теме «Дифракция на решетке» с технологической картой; подборка количественных и качественных задач различного уровня сложности, структурированных в 3 блока (качественные задачи, количественные задачи средней сложности и количественные задачи повышенной сложности - задачи второй части ЕГЭ с развёрнутым ответом); описание традиционной и виртуальной лабораторных работ по теме; материалы для контроля знаний в виде четырех вариантов проверочной работы в формате заданий с развёрнутым ответом.

Кроме того, в работе представлен план внеурочного мероприятия по физике – нетрадиционный урок с использованием квест-технологии по теме «Дифракция на решётке». Такая форма организации усвоения знаний формирует описанные в технологической карте универсальные учебные действия, а также развивает у учащихся интерес к изучению физики, мотивирует их к учебной деятельности.

Представленные учебно-методические материалы удобны для использования учителем в повседневной практике. Кроме того, материалы бакалаврской работы могут быть полезны школьникам и студентам непрофильных специальностей высших учебных заведений для самостоятельной работы.

Список использованных источников

1. Мякишев, Г.Я. Физика. 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев. – М.: Просвещение. – 2018. – 436 с.
2. Мякишев, Г.Я. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков. – М.: Дрофа. – 2002. – 464 с.
3. Касьянов, В.А. Физика. 11 кл. Базовый уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений / В.А. Касьянов. – М.: Дрофа. – 2012. – 269 с.
4. Грачёв, А.В. Физика. 11 кл. Базовый и углубленный уровни: учеб. для общеобразоват. учреждений/ А.В. Грачёв, В.А. Погожев, А.М. Салецкий, П. Ю. Боков. – М.: Вентана-Граф. – 2019. – 473 с.
5. Приказ Минобрнауки России от 17.12.2010 № 1897 (ред. от 31.12.2015) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgos.ru/> (Дата обращения: 11.03.2020).
6. Приказ Министерства просвещения РФ от 8 мая 2019 г. № 233 «О внесении изменений в федеральный перечень учебников, рекомендуемых к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию

образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 28 декабря 2018 г. № 345» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72142806/> (Дата обращения: 11.03.2020).

7. Рымкевич, А.П. Сборник задач по физике 10-11 класс / А.П. Рымкевич. – М.: Дрофа. – 2013. – 192 с.

8. Громцева, О.И. Физика. 10-11 классы. Сборник задач к учебникам Г.Я. Мякишева и др. по физике для 10 и 11 кл. / О.И. Громцева. – М.: Экзамен. – 2018. – 208 с.

9. ЕГЭ. Задачи по теме: «Оптика» [Электронный ресурс]. – URL: https://phys-ege.sdangia.ru/test?filter=all&category_id=317 (Дата обращения: 11.03.2020).

10. Турчина, Н.В. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы / Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суров, Г.Г. Спиринов, Т.А. Ющенко. – М.: Дрофа. – 2000. – 672 с.

11. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С. Волькенштейн. – СПб.: СпецЛит. – 2002. – 327 с.

12. Пурышева, Н.С. Физика. Учебник. Базовый уровень. 11 класс / Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев, В.М. Чаругин. – М.: Дрофа. – 2018. – 304 с.

13. Виртуальная лабораторная работа. [Электронный ресурс] – URL: <http://mediadidaktika.ru/mod/page/view.php?id=397> (Дата обращения: 11.05.2020)

14. Шилов, В.Ф. Физика: 10 – 11 кл.: поуроч. планирование: пособие для учителей общеобразоват. организаций / В.Ф. Шилов. – М.: Просвещение. – 2013. – 128 с.

15. Мякишев, Г.Я. Физика. 11 класс. Поурочные планы с учебникам – Мякишева Г.Я. и Касьянова В.А. / Г.Я. Мякишев, В.А. Касьянов. – М.: Дрофа. – 2011. – 460 с.

16. Бабенко, С.П. Дифракция световых волн. Учебное пособие: моногр./С.П. Бабенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – 472 с.

17. Савельев, И.В. Курс физики. В 3-х тт. Том 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика: Учебное пособие/И.В. Савельев. – СПб.: Лань. – 2018. – 468 с.

18. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учебное пособие: для вузов в 5 томах. Том 4. Оптика / Д.В. Сивухин. - М.: Физматлит. – 2017. – 792 с.

19. Кузнецов, С.И. Курс физики с примерами решения задач. Ч. 3. Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц. / С.И. Кузнецов. - СПб.: Лань. – 2015. – 336 с.

20. Ерофеева, Г.В. Практические занятия по общему курсу физики: Учебник для бакалавриата и магистратуры / Г.В. Ерофеева, Ю.Ю. Крючков, Е.А. Складорова и др. - Люберцы: Юрайт. – 2016. – 492 с.



Н.Э. Шульженко

05.06.2020