

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и методико-информационных технологий

**Изучение квантовой физики посредством натурального и компьютерного эксперимента**

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 2321 группы

направления 44.04.01 «Педагогическое образование»

профиль подготовки «Физика и методико-информационные технологии в образовании» института физики

Киреева Юрий Алексеевича

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н.



---

Т.Г. Бурова

Заведующий кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.



---

Т.Г. Бурова

Саратов 2022 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Основная задача учителя на данный момент — это мотивировать учащихся на познавательную деятельность с последующим самостоятельным получением знаний по школьному предмету. Мотивировать можно благодаря различным методикам и технологиям. Один из методов мотивации -использование на уроках натурального и компьютерного эксперимента.

Учителя сталкиваются с проблемой мотивации при объяснении нового материала или же закреплении посредством физического эксперимента. Это нехватка часов, износ или выход из строя необходимого оборудования и нехватка средств для приобретения нового оборудования. Сюда можно отнести загруженность учителей и нехватку времени для подготовки эксперимента. Некоторые проблемы, связанные с мотивационной деятельностью учителя можно решить с помощью компьютерной модели, ведь качество учебной деятельности напрямую зависит от уровня интереса к этой деятельности.

**Актуальность.** Использование лабораторных работ и демонстрационных опытов на уроках физики необходимо. В 7 – 9 классах лабораторные работы являются частью рабочей программы и им уделяется большое внимание, также демонстрационные эксперименты являются неотъемлемой частью каждого урока. На начальном этапе изучения физики использование учебного физического эксперимента позволяет выработать умение самостоятельно приобретать знания и применять их. Учащиеся осваивают требования к экспериментальным установкам, учатся измерять физические величины, делать выводы из эксперимента и объяснять результаты своих наблюдений с теоретических позиций. Публичное обсуждение продемонстрированного эксперимента развивает и поддерживает интерес учащихся к физике, формирует их интеллектуальные и практические умения, развивает естественно-научный стиль мышления.

**Объект исследования:** процесс преподавания физики в профильных классах.

**Предмет исследования:** методика преподавания квантовой физики в клас-

сах разного профиля с использованием натурального и компьютерного эксперимента.

**Цель магистерской диссертации:** разработка методики изучения квантовой физики в классах разного профиля с использованием компьютерного и натурального эксперимента.

Выявленные противоречия и имеющееся проблемное поле позволили сформулировать **гипотезу исследования:** качество знаний по курсу квантовой физики повысится, если методы организации учебно-познавательной деятельности учащихся будут опираться на использование компьютерных или наглядных экспериментов.

Безусловная необходимость исследования изучения квантовой физики посредством компьютерного и натурального эксперимента в процессе обучения физики в старших классах определяется значимостью демонстрационного опыта в образовательном процессе.

К сожалению, использование лабораторных работ заканчивается в средних классах. Хотя в старшей школе курс физики направлен на повторение ранее пройденного материала с усложнением теоретической части и расширением физических явлений, важность учебного физического эксперимента не уменьшается, а наоборот, для профильных классов лабораторная работа является отличным помощником в дальнейшей учебе по выбранной в высшем учебном заведении профессии.

Исследовательская работа направлена на оценку результативности использования лабораторных работ и демонстрационных экспериментов, как натуральных, так и компьютерных, в старшей школе по курсу квантовой физики.

**Проблема исследования:** противоречие между повышением качества знаний для классов разного профиля по курсу квантовой физики и недостаточное количество разработанных методик преподавания с использованием компьютерных и натуральных экспериментов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

### **Задачи работы:**

1. Изучение возможности преподавания квантовой физики с использованием экспериментов в старших классах.
2. Создание методического материала для изучения квантовой физики в классах разного профиля.
3. Проанализировать эффективность предложенной методики изучения квантовой физики в классах разного профиля с использованием компьютерного и натурального эксперимента посредством проведения педагогического эксперимента.

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

В введении говорится об актуальности выбранной темы, формулируются цели и задачи.

Основная часть состоит из двух разделов. Первый раздел «Роль и место натурального и компьютерного эксперимента при изучении квантовой физики», второй – «Разработка учебно-методического материала по разделу «Квантовая физика»».

В заключении представлены результаты проделанной работы и сделаны выводы.

### **Краткое содержание работы**

В первом разделе говорится об роли эксперимента в учебном процессе и его место.

Благодаря физическому эксперименту можно подтвердить или опровергнуть то или иное высказывание по данному явлению. Таким образом рассказывая о теоретической стороне физического закона важным дополнением будет эксперимент.

Так же в условиях федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования должны быть достигнуты прописанные в нем требования к реализации основной образовательной программы. Если гово-

ритель о естественных науках, то предметные результаты, относящиеся к экспериментальной части, должны отражать требования:

**Физика (базовый уровень):**

1) владение основными методами научного познания, используемые в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умение обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;

**Физика (профильный уровень):**

Требования к результатам освоения курса физики на профильном уровне должны включать в себя все требования к базовому уровню с углубленным изучением. Дополнением к профильному уровню является:

1) сформированность умения исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, объяснять принципы работы и характеристики приборов и устройств;

2) владение умением выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования;

3) владение методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа полученной измерительной информации, определение достоверности полученного результата.

Был проведен подсчет информационной емкости главы «Световые кванты» учебника для общеобразовательных учреждений за 11 класс Г. Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В. М. Чаругин. Он рассматривал процесс получения информации как выбор одного сообщения из конечного наперед заданного множества из  $N$  равновероятных сообщений, а количество информации  $I$ , содержащееся в выбранном сообщении, определял, как двоичный логарифм  $N$ .

Среди многих свойств текстового материала выделяют информативность. Главная цель любого текста – это сообщить определенную информацию.

Расчет информационной емкости производится по формуле  $I = \log_2 N$ .

Таблица 1 – Расчет информационной емкости.

Разбиение смысловых элементов на лексические группы	Набор возможных неопределенностей	N, шт	I, бит
<b>§87. Фотоэффект</b>			
<b>1. Фотоэффект – это испускание электронов из вещества под действием падающего на него света.</b>			
Фотоэффект	Новый термин	2	1
– это	Связка	2	1
Испускание	Испускание, излучение.	2	1
электронов	Известное понятие		1
Из веществ	Известное понятие		1
Под действием	Действие, противодействие.	2	1
Падающего	Падающего, не падающего	2	1
На него света	Известное понятие		1
<b>2. Первый закон фотоэффекта: фототок насыщения прямо пропорционален падающему световому потоку <math>\Phi</math>.</b>			
Первый закон фотоэффекта	Факт	2	1
фототок	Новый термин	2	1
Насыщения	Насыщение, недостаток	2	1
Прямо	Прямо. Обратно	2	1
Пропорционален	Факт	2	1
Падающему	Падающий, не падающий	2	1
Световому потоку $\Phi$ .	Известное понятие	2	1
<b>3. Второй закон фотоэффекта: Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно растет с частотой света и не зависит от его интенсивности.</b>			
Второй закон фотоэффекта:	факт	2	1
Максимальная	Максимальная, минимальная	2	1
Кинетическая	Кинетическая, потенциальная	2	1
Энергия	Известное понятие		1
Фотоэлектрона	Новый термин	2	1
Линейно	Линейно, не линейно	2	1
Растет	Растет, убывает, не меняется.	3	1,585
С частотой	Известное понятие		1

Света	Известное понятие		1
И не зависит	Зависит, не зависит	2	1
От его интенсивности	Факт	2	1
Итого			26.585
<b>§88. Теория фотоэффекта.</b>			
<b>1. Свет имеет прерывистую структуру: излученная порция световой энергии <math>E = h\nu</math> сохраняет свою индивидуальность и в дальнейшем.</b>			
Свет	Известное понятие	2	1
Имеет	Имеет, обладает	2	1
Прерывистую структуру	Прерывистую, целую	2	1
Излученная порция	Известное понятие	2	1
Световой энергии	Известное понятие	2	1
$E = h\nu$	Факт	2	1
Сохраняет	Сохраняет, не сохраняет	2	1
Свою индивидуальность	Индивидуальность, общее	2	1
И в дальнейшем	Дальнейшем, ближайшем	2	1
<b>2. Работа выхода – это минимальная энергия, которую надо сообщить электрону что бы он покинул металл.</b>			
Работа выхода	Новый термин	2	1
Это	связь	2	1
Минимальная	Минимальная, максимальная	2	1
Энергия	Известное понятие	2	1
Которую надо	Надо, не надо	2	1
Сообщить	Сообщить, придать.	2	1
Электрону	Известное понятие	2	1
Что бы он покинул	Покинул, вышел	2	1
Металл	Металл, дерево, пластик	3	1.585
<b>3. придельную частоту <math>\nu_{\min}</math> и придельную длину волны <math>\lambda_{\max}</math> называют красной границей фотоэффекта.</b>			
Придельную	Придельный, неограниченный	2	1
Частоту	Известное понятие	2	1
$\nu_{\min}$	Факт	2	1
И придельную	Придельный, неограниченный	2	1
Длину волны $\lambda_{\max}$	Известное понятие	2	1
Называют красной границей фотоэффекта	Новый термин	2	1
<b>4. Третий закон фотоэффекта: для каждого вещества существует максимальная длина волны, при которой фотоэффект еще наблюдается. При больших длинах волн фотоэффекта нет.</b>			

Третий закон фотоэффекта	Факт	2	1
Для каждого	Каждого, никого, одного	3	1.585
Вещества	Известное понятие	2	1
Существует	Существует, не существует.	2	1
Максимальная	Максимальная, минимальная	2	1
Длина волны	Известное понятие	2	1
При которой фотоэффект	Известное понятие	2	1
Еще наблюдается	Наблюдается, не наблюдается	2	1
При больших	Больших, малых, средних	3	1.585
Длинах волн	Известное понятие	2	1
Фотоэффекта нет	Известное понятие	2	1
Итого			35.7551
<b>§89. Фотоны.</b>			
<b>1. При испускании и поглощении свет ведет себя подобно потоку частиц с энергией <math>E = h\nu</math>, зависящей от частоты.</b>			
При испускании	Испускать, поглощать	2	1
И поглощении	Поглощать, испускать	2	1
Свет	Известное понятие		1
Ведет себя подобно	Подобно, непохоже	2	1
Потоку частиц	Известное понятие	2	1
С энергией	Известное понятие	2	1
$E = h\nu$	Факт	2	1
Зависящий	Зависящий, не зависящий	2	1
От частоты	Известное понятие	2	1
<b>2. При распространении света проявляются его волновые свойства, а при взаимодействии с веществом – корпускулярные.</b>			
При распространении	Распространяться, находиться на месте.	2	1
Света	Известное понятие	2	1
Проявляются	Проявляются, не проявляются	2	1
Его волновые	Известное понятие	2	1
свойства	Свойства, характеристики	2	1
А при взаимодействии	Взаимодействие, несогласованное	2	1
С веществом	Известное понятие	2	1
Корпускулярным	Новый термин	2	1

Итог			8
<b>§91. Давление света.</b>			
<b>1. Суммарная сила, действующая на электроны поверхности металла, и определяет силу светового давления.</b>			
Суммарная сила	Известное понятие	2	1
Действующая	Действующая, не действующая	2	1
На электроны	Известное понятие	2	1
Поверхности	Поверхность, внутри	2	1
Металла	Метал, дерево пластик	3	1.585
И определяет	Определенный, не определенный	2	1
Силу светового давления	Новый термин	2	1
Итог			7,585

Во втором разделе собран дидактический материал по курсу «Квантовая физика» с методическими рекомендациями по их использованию.

Фотоэффект – это испускание электронов и вещества под действием падающего на него света.

Пронаблюдать данное явление можно на демонстрационном опыте, используя электрометр с цинковой пластиной. Когда пластина заряжена положительно, направленный световой пучок не влияет на быстроту разрядки электрометра, но если пластину зарядить отрицательно, то световой пучок разряжает электрометр очень быстро.

Данный опыт можно показать с помощью электронных ресурсов.

Например, видеофрагмент.

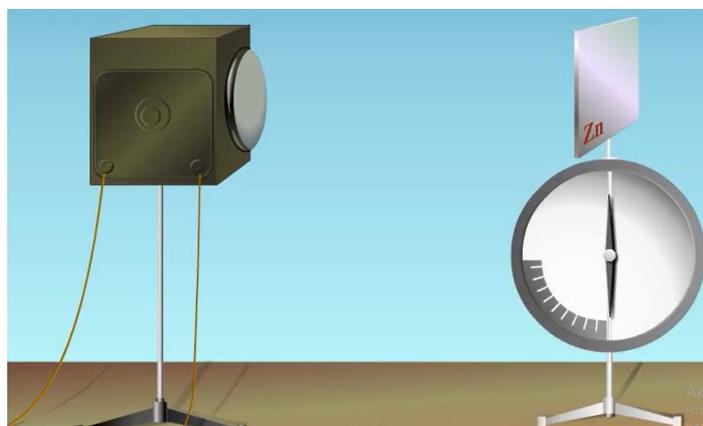


Рисунок 1 - Наблюдение фотоэффекта

Что бы наглядно показать почему фотоэффект происходит только при определенных излучениях обратимся к модели, с помощью которой мы сможем объяснить данный эффект.

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_fotoefekt&l=ru](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_fotoefekt&l=ru)

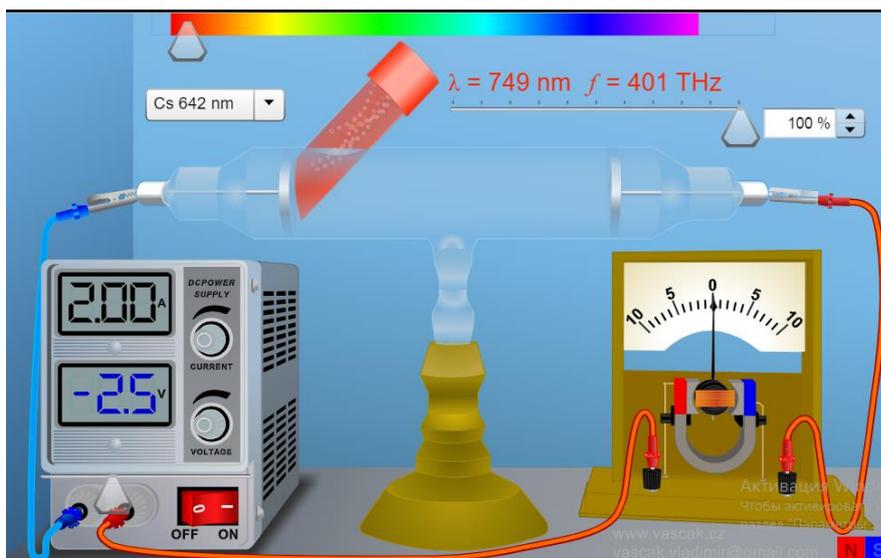


Рисунок 2 – Фотоэффект

Представленную модель можно использовать, как и для базового уровня, так и для профиля. В профильном классе возможно использование электронного ресурса для проектной деятельности, суть которой заключается в исследовании зависимости силы тока от интенсивности излучения и длины волны.

Для того что бы узнать больше о характере фотоэффекта можно использовать модель в программном обеспечении «Физика 7-11».

Используя модель фотоэффекта, можно наглядно показать, как изменяется задерживающее напряжение и ток насыщения.

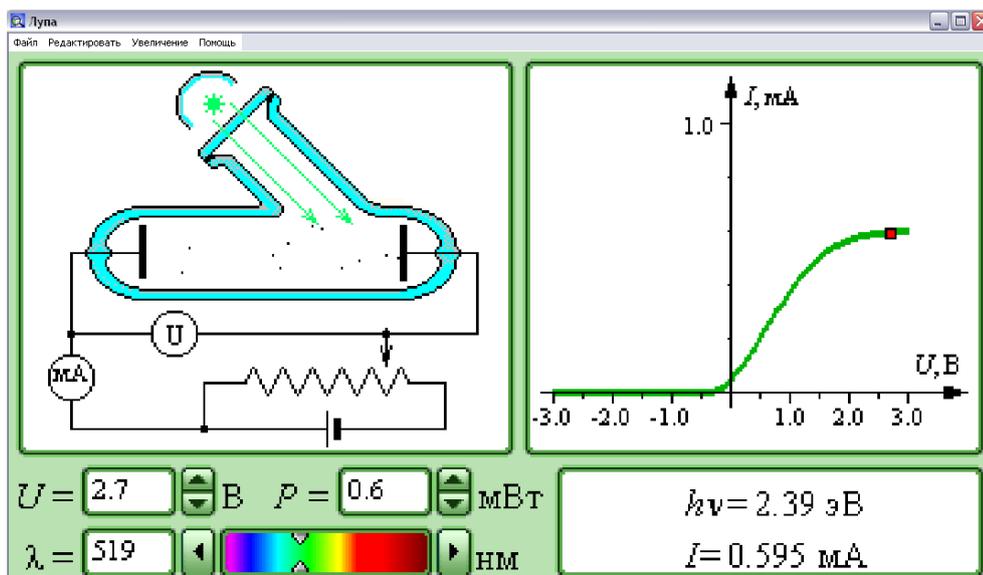
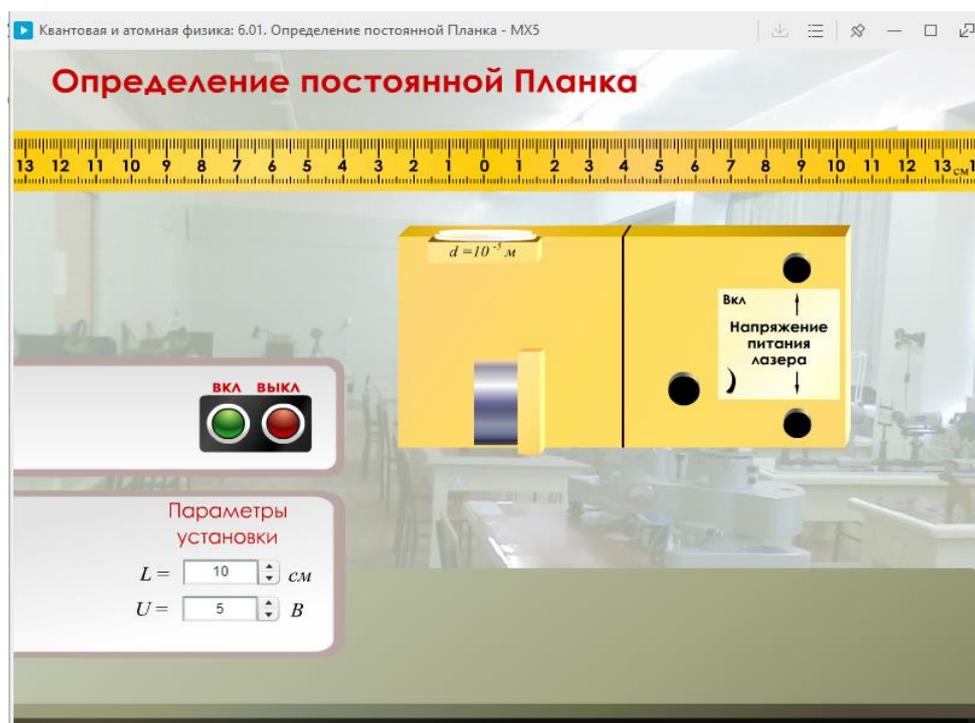


Рисунок 3 - Модель фотоэффекта

Постоянная физическая величина  $h$  – это постоянная планка.

Познакомиться поближе с данной физической величиной ученикам может помочь интерактивная лабораторная работа.

<http://mediadidaktika.ru/mod/page/view.php?id=395>



### Ход работы

1. Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1

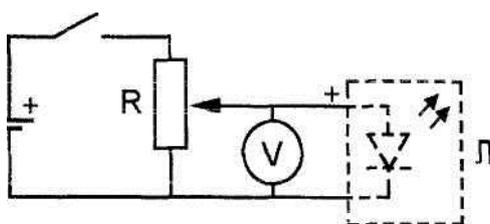


Рисунок 4 - Схема экспериментальной установки

2. Включите лазер кнопкой «Вкл», при этом на блоке загорится сигнальный светодиод.

3. С помощью переменного резистора установите на лазерном диоде максимальное напряжение – 5 В. На экране со шкалой будет наблюдаться дифракционная картина в виде ряда светящихся точек (или полосок) – максимумов разных порядков.

4. Установите расстояние от дифракционной решетки до пятна  $L = 10$  см создаваемого на линейке лучом лазера в нулевом порядке дифракции.

5. Определите расстояние  $a_1$  (справа) и  $a_2$  (слева) от нулевого порядка дифракции до выбранного порядка дифракции. Полученные значения запишите в таблицу 1.

Таблица 1.

№	k	$d$ , м	$L$ , м	$a_1$ , м	$a_2$ , м	$a_{cp}$ , м	$\lambda \cdot 10^{-9}$ , м	$\lambda_{cp} \cdot 10^{-9}$ , м	$\nu$ , Гц
1	1								
2	2								
3	3								
4	1								
5	2								
6	3								
7	1								
8	2								
9	3								

6. Вычислите длину волны  $\lambda$  по формуле  $\lambda = \frac{ad}{Lk}$  и частоту  $\nu$  по формуле

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, \text{ излучения лазера.}$$

7. Для определения постоянной Планка необходимо измерить пороговое напряжение включения лазерного диода. Для этого, вращая ручку переменного резистора (потенциометра), плавно уменьшайте напряжение питания до тех пор, пока пятно **первого максимума** на экране станет едва заметным. Показания вольтметра в этот момент можно считать равным пороговому напряжению включения лазера. Полученные значения запишите в таблицу 2.

Таблица 2

№ п/п	$\nu$ , Гц	$U$ , В	$h \cdot 10^{-34}$ , Дж·с
1			

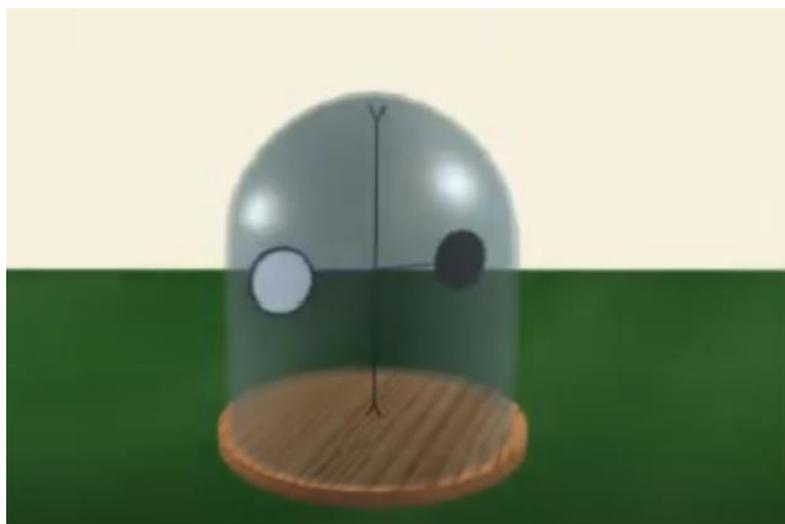
8. Определите значение постоянной Планка по формуле  $h = \frac{eU}{\nu}$ .

9. Сделайте вывод по лабораторной работе.

Преимущественно, проведение лабораторной опирается на достаточное количество часов по изучаемому курсу физики. Можно провести при достаточной подготовки оборудования.

**Использование компьютерного и натурного эксперимента при изучении темы «Давление света».**

<https://www.youtube.com/watch?v=vU2gOPtovXw>



Демонстрационное видео показывает наличие взаимодействия света с окружающим миром и что это действие, с помощью определённого опыта,

можно измерить. Данный демонстрационный опыт носит только качественный характер. Измерить действие света на препятствие сложно так как эта величина очень маленькая.

<https://www.youtube.com/watch?v=IJl64fXEjok>

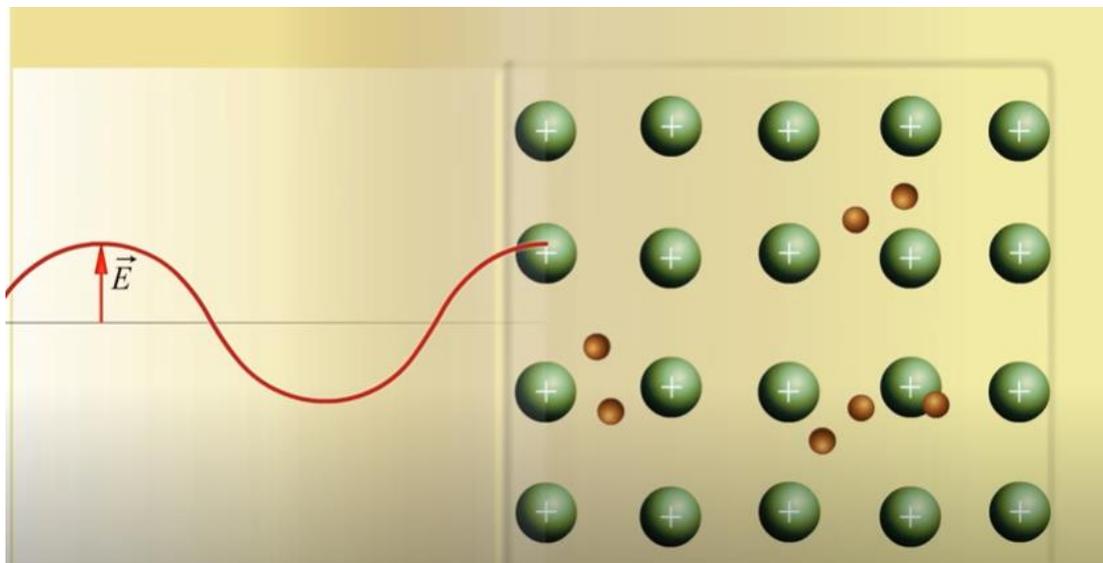


Рисунок 5 - Модель взаимодействия света

Первый этап формирующегося эксперимента проводился с помощью Google формы. Был задействован контрольно-измерительный материал по итогам которого создавались две группы «контрольная» и «экспериментальная». Группы были сформированы таким образом, чтобы средний уровень знаний был практически одинаковым и включали в себя учащихся как базовой направленности, так и профильной.

С каждой из групп был проведен урок по теме «Фотоэффект. Теория фотоэффекта». Отличались уроки тем что в контрольной группе урок проводился без использования дидактического материала. Структура типа урока усвоение новых знаний по ФГОС была следующая:

- 1) Организационный этап.
- 2) Постановка цели и задач урока. Мотивация учебной деятельности учащихся.
- 3) Актуализация знаний.
- 4) Первичное усвоение новых знаний.
- 5) Первичная проверка понимания

6) Первичное закрепление.

7) Информация о домашнем задании, инструктаж по его выполнению

8) Рефлексия (подведение итогов занятия)

В экспериментальной группе использовался дидактический материал по данной теме. Структура урока, как и в контрольной группе, все этапы сохранялись. По завершению урока было проведено тестирование учащихся обеих групп.

На втором этапе формирующего эксперимента были анализированы полученные результаты опроса обеих групп. Так же построены диаграммы результатов. По вертикали откладывалось количество учащихся прошедших опрос и получивших соответствующие баллы.

Тест был пройден 25 учащимися входящие в контрольную группу. В экспериментальной группе было опрошено 23 участника.



Рисунок 6 – Сравнительная диаграмма учащихся получивших 11 – 13 баллов

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный дидактический материал в исследовательской работе был обоснован имеющимися проблемами при изучении курса квантовой физики. Проблемное поле включало в себя:

1. недостаточное количество дидактического материала по курсу квантовой физики;
2. отсутствие, нехватка приборов для проведения натурального эксперимента;
3. отсутствие лабораторного практикума по темам курса;
4. подготовка к урокам с использованием натурального или компьютерного эксперимента занимает большое количество времени.

Таким образом использование дидактического материала поможет не только решить ряд проблем, но и позволит улучшить качество знаний и повысить интерес к обучению.

В первом разделе работы был проведен анализ особенностей изучения раздела квантовой физики в классах разного профиля, требуемые предметные результаты изучения физики для разного профиля, процесс и способы достижения планируемых результатов.

Были описаны различия натурального и компьютерного эксперимента, плюсы и минусы использования их при изучении курса, их роль и место при изучении квантовой физики, повышение мотиваций при обучении посредством эксперимента. Также был проведен подсчет информационной емкости параграфов данного курса. Анализировались полученные результаты и пути решения выявленных проблем.

Во втором разделе был описан разработанный дидактический материал, включающий в себя перечень натурального и компьютерного эксперимента с методическими комментариями по их использованию. Также был проведен анализ внедрения дидактического материала в учебно-познавательный процесс. Подтверждение успешности внедрения материала было получено с помощью педа-

гогического эксперимента, который состоял из двух этапов. На первом этапе ставились задачи исследования, проводился опрос учителей различных школ на выявление проблемных зон в преподавании квантовой физики. Второй этап включал в себя использование дидактического материала на двух группах и последующий их опрос.

Анализ полученных результатов в ходе тестирования показывает: внедрение дидактического материала повышает интерес к обучению; при использовании натурального и компьютерного эксперимента можно судить о повышении уровня знаний учащихся.

Также в ходе проведения урока с использованием дидактического материала наблюдалось повышение заинтересованности учащихся базового профиля. Физический эксперимент позволяет достичь предметные результаты, которые учащиеся должны обрести по окончании среднего общего (полного) образования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Система школьного физического эксперимент //[Электронный ресурс]:[сайт]. URL: [https://studopedia.ru/10\\_12445\\_modelirovanie-kak-metod-issledovaniya.html](https://studopedia.ru/10_12445_modelirovanie-kak-metod-issledovaniya.html) (дата обращения 12.02.2022). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
2. Рахманкулова Г. А. Изучение температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников Г. А. Рахманкулова //[Электронный ресурс]:[сайт]. URL: [https://www.volpi.ru/files/vpf/vpf\\_library/new/352.pdf](https://www.volpi.ru/files/vpf/vpf_library/new/352.pdf) (дата обращения 25.10.2019). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
3. Кондратьева, А.С. Физика и компьютер: учеб. пособие А.С.Кондратьева, Лаптев В.В Л.: Изд – во ЛГУ, 2010. – 412 с.
4. Кавтрев, А.Ф. Опыт использования компьютерных моделей на уроках физики в школе «Дипломат»: сборник РГПУ им. А. И. Герцена «Физика в школе и вузе» // А.Ф. Кавтрев // Санкт-Петербург: Образование, 2013. – 172 с.
5. Щекин А.В. Градуировка термопары: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 110400 „Литейное производство черных и цветных металлов” // А.В. Щекин // Изд-во Хабар.гос.техн.ун-та, 2002. – 21 с.
6. Баяндин, Д.В. Модельный компьютерный эксперимент в курсе физики. Активная обучающая среда «Виртуальная физика» // Д.В. Баяндин // современный физический практикум: сб. тезисов докладов 7-й учебно-методической конференции стран Содружества «Современный физический практикум». – М. : Издательский дом МФО, 2002. – 310 с.
7. Измерение температуры накаливаемого тела с помощью оптического пирометра [Электронный ресурс]/. – электрон. журн. – режим доступа: <https://etfmbfrgmu.ucoz.ru/Atomka/ATF10isp.pdf> (дата обращения 1.11.2019). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
8. Мякишев, Г. Я. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл .: Учебник для углубленного изучения физики // Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. – 2-е изд., М.: Дрофа, 2002. – 464 с.
9. Мякишев, Г. Я. Физика. Электродинамика. 10 – 11 кл .: Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений // Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. – 10-е

изд., М.: Дрофа, 2010. – 476 с.

10. Лабораторная работа: общие требования // [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: [http://nf.misis.ru/download/branch/stud\\_doc/lab\\_rab.pdf](http://nf.misis.ru/download/branch/stud_doc/lab_rab.pdf) (дата обращения 25.01.2019). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

11. Лабораторные работы. Организация и проведение // [Электронный ресурс]/. – электрон. журн. – режим доступа: [https://mf.bmstu.ru/info/izdat/toaut/docs/Standart\\_Laboratornye\\_raboty\\_Tsv.pdf](https://mf.bmstu.ru/info/izdat/toaut/docs/Standart_Laboratornye_raboty_Tsv.pdf) (дата обращения 25.03.2020). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

12. Определение постоянной Планка при помощи внешнего фотоэффекта // [Электронный ресурс]/. – электрон. журн. – режим доступа: [https://misis.ru/files//00be13e6f66683fb6a81c7b55251b0c1/№306\\_Определение\\_постоянной\\_Планка\\_при\\_помощи\\_внешнего\\_фотоэффекта.pdf](https://misis.ru/files//00be13e6f66683fb6a81c7b55251b0c1/№306_Определение_постоянной_Планка_при_помощи_внешнего_фотоэффекта.pdf) (дата обращения 12.10.2019). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

13. Роль физического эксперимента в преподавании физики [Электронный ресурс]/. — Электрон. журн. — Режим доступа: <https://school160.edusite.ru/docs/teachers/demina/rol.pdf> (дата обращения 5.04.2020). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

14. Методика проведения лабораторных, практических работ [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. — Режим доступа: <https://znanio.ru/media/metodika-provedeniya-laboratornyh-rabot-po-fizike-2510918>, свободный

15. Мякишев, Г. Я. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика 10 кл.: Профильный уровень: учеб. для общеобразовательных учреждений // Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. – 12-е изд., М.: Дрофа, 2010. – 349 с.

16. Позднов М. В. Правила оформления отчетов о лабораторных работах. Методические рекомендации к лабораторному практикуму // М. В. Позднов. – Тольятти: ТГУ, 2006. – 25 с.

17. Классификация фронтальных лабораторных работ [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. — Режим доступа: <https://fizmet.org/ru/L10.htm>, (дата обращения 14.04.2020). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

18. Мазур А. И. Исследование спектральной характеристики полупроводникового фотоэлемента : методические указания к лабораторной работе № 67 по физике для обучающихся на всех направлениях // А. И. Мазур. – Хабаровск : Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. – 12 с.
19. Исследование зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. Режим доступа : [https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/tief/method\\_work/method\\_work2/lab2/LabsElect/e05.pdf](https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/tief/method_work/method_work2/lab2/LabsElect/e05.pdf), (дата обращения 22.10.2020). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
20. Пёрышкин, А.В. Физика. 9 кл. : учебник // А.В. Пёрышкин, Е.М. Гутник. — М. : Дрофа, 2014. – 319 с.
21. Тюрин, Ю. И. Физика. Квантовая физика. Учебник // Ю. И. Тюрин. – Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2009. – 320 с.
22. Колмаков Ю. Н. Основы квантовой теории и атомной физики: Учеб. пособие // Ю.Н. Колмаков, Ю.А. Пекар, Л.С. Лежнева, В.А. Семин. – Тула: Тул.гос.ун-т, 2005. – 147 с.
23. Недогреева, Н. Г. Новые стандарты в предметной области «Физика» // Н. Г. Недогреева, Б. Е. Железовский. – Саратов: Из-во издательский центр «Наука», 2012. – 58 с.
24. Каменецкого, С.Е. Теория и методика обучения физике в // С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурьшевой. – М.: Академия, 2012. – 268 с.
25. Петросян, В.Г. Моделирование лабораторных работ физического практикума // В.Г. Петросян, Р.М. Газарян, Д.А. Сидоренко // Информатика и образование. – 1999. – № 2. –59-67 с.

