

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

Педагогический институт
Кафедра физики и методики ее преподавания

**Изучение закона отражения средствами натурального и компьютерного
эксперимента**

**АВТОРЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 4 курса 452 группы
направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование»
факультета физико-математических и естественно-научных
дисциплин

Аннаевой Енеджан

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



Т.Г. Бурова

Зав. кафедрой:
д.ф.-м.н., профессор



Т.Г. Бурова

Саратов, 2026

Введение

Физика является экспериментальной наукой, и глубокое понимание ее фундаментальных законов невозможно без непосредственного наблюдения и исследования явлений. Закон отражения света относится к базовым принципам геометрической оптики, изучение которого формирует основу для понимания более сложных оптических процессов и принципов работы множества приборов.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью сравнительного анализа дидактических и исследовательских возможностей натурального и компьютерного экспериментов применительно к изучению фундаментальных оптических законов. Понимание преимуществ и ограничений каждого из методов позволит оптимизировать процесс изучения физики, сочетая наглядность и идеализацию компьютерных моделей с формированием практических навыков в ходе реальной лабораторной работы.

Степень разработанности проблемы. Вопросам методики физического эксперимента посвящены работы многих отечественных ученых (Г.Я. Мякишев, Н.С. Пурышева, В.И. Николаев и др.). Теоретические основы и практические аспекты применения компьютерного моделирования в физике активно разрабатываются в последние годы (А.С. Акопов, В.Д. Боев, работы специалистов МПГУ и других вузов). Тем не менее, проблема комплексного, сравнительного использования натурального и компьютерного экспериментов конкретно при изучении закона отражения света с учетом новейших программных средств требует дополнительного исследования и систематизации.

Цель исследования – провести сравнительный анализ изучения закона отражения света средствами натурального и компьютерного эксперимента для определения их эффективного сочетания в учебно-исследовательской практике.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Изучить теоретические основы закона отражения света и проанализировать современные методологические подходы к его экспериментальному исследованию.

2. Разработать и провести натурный эксперимент по изучению закона отражения, осуществить сбор и обработку полученных данных.

3. Обосновать выбор программной среды, создать компьютерную модель и провести виртуальный эксперимент по изучению закона отражения.

4. Осуществить сравнительный анализ результатов натурального и компьютерного экспериментов по критериям точности, наглядности и дидактической ценности, сформулировать рекомендации по их интеграции.

5. Объект исследования – процесс экспериментального изучения физических оптических явлений.

Предмет исследования – методика изучения закона отражения света с использованием средств натурального и компьютерного эксперимента.

Методы исследования, применяемые в работе:

1. Теоретические: анализ научной и учебно-методической литературы по теме исследования, сравнительный анализ, моделирование, обобщение.

2. Эмпирические: педагогическое наблюдение, натурный физический эксперимент, методы математической статистики для обработки результатов измерений и оценки погрешностей.

Структура работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух разделов, заключения, списка использованных источников.

Краткое содержание

В **первом** разделе рассмотрены теоретические и методологические основы изучения закона отражения. Изложена физическая сущность и математическое описание закона отражения света. Проведен обзор традиционных методов исследования оптических явлений в образовании. Рассмотрены роль и возможности компьютерного моделирования в изучении закона отражения света.

Второй раздел посвящен реализации и сравнительному анализу результатов натурального и компьютерного эксперимента.

В первом параграфе представлена таблица, содержащая методологические аспекты урока : его этапы, содержание деятельности учащихся, используемое оборудование, формируемые навыки и компетенции, ожидаемые результаты .

Подробно изложены этапы натурального эксперимента по изучению закона отражения. В условиях учебной лаборатории кафедры выполнить точные измерения не представилось возможным из-за отсутствия гониометра, поэтому в исследовании использовались литературные данные из работы Поплавского В.И., полученные на оптической установке, специально модифицированной для достижения высокой точности измерений.

Установка включает в себя оптическую скамью, гелий-неоновый лазер, генерирующий когерентный луч красного цвета с длиной волны 632.8 нм и мощностью менее 1 мВт, что обеспечивает необходимую безопасность при работе, высокую контрастность луча и его монохроматичность для точных измерений. Выбор лазера обусловлен его способностью формировать тонкий, строго направленный пучок, что критически важно для определения углов падения и отражения с минимальной погрешностью и исключения эффектов рассеяния или дисперсии.

Отражающей поверхностью служило плоскопараллельное зеркало с высококачественным диэлектрическим покрытием, специально предназначенное для работы в видимом диапазоне спектра и обеспечивающее высокую степень зеркального отражения при минимизации поглощения и рассеяния, как это подробно описывается в учебниках по оптике, таких как Мякишев Г.Я., Синяков А.З. «Оптика».

Для высокоточного измерения углов рекомендуется использовать оптический гониометр, который предоставляет возможность считывания углов с точностью до угловых секунд, значительно превосходя возможности традиционных транспортиров.

Угол падения, α (ср.)	Ед. изм.	Измерения угла отражения β	β , ср. значение	Ср. абсолютная погрешность	Отн. погрешность, %
10.00	град.	10.15; 9.90; 10.05; 10.20; 9.85; 10.00; 10.10	10.04	0.130	1.3
20.00	град.	20.10; 20.00; 19.95; 20.15; 20.05; 19.90; 20.00	20.02	0.088	0.5
30.00	град.	30.10; 29.90; 30.00; 30.20; 29.80; 30.00; 30.10	30.01	0.134	0.5
45.00	град.	45.10; 44.90; 45.00; 45.30; 44.80; 45.00; 45.20	45.04	0.177	0.4
60.00	град.	60.20; 59.85; 60.05; 60.30; 59.95; 60.15; 60.00	60.07	0.158	0.3
80.00	град.	80.30; 79.70; 80.10; 80.40; 79.90; 80.00; 80.20	80.08	0.231	0.3

Для каждого угла падения (α), измеренного в диапазоне от 10° до 80° с шагом в $5-10^\circ$, были получены семь значений угла отражения (β). Эти данные были занесены в таблицу, где для каждого угла падения было рассчитано среднее арифметическое значение угла отражения (β), абсолютная и относительная погрешности.

Второй параграф раздела содержит описание компьютерного эксперимента для изучения закона отражения света. Использовался комбинированный подход, применяя как готовую интерактивную симуляцию, так и создавая собственную модель в универсальной среде, чтобы максимально раскрыть различные аспекты компьютерного эксперимента. В качестве готовой симуляции был выбран PhET simulation "Bending Light", который, согласно статье Каменева А. И. «Использование виртуальных лабораторий (PhET) для повышения эффективности преподавания оптики», является одним из наиболее эффективных инструментов для визуализации оптических явлений. PhET обладает интуитивно понятным графическим интерфейсом и позволяет учащимся активно взаимодействовать с моделью, изменяя углы падения и наблюдая за мгновенными изменениями траектории луча.

Его основное преимущество заключается в демонстрации идеализированного поведения света, что обеспечивает четкое концептуальное понимание закона отражения без отвлечения на погрешности.

Для демонстрации принципов построения моделей, была создана собственная модель в среде GeoGebra. Это решение обосновано универсальностью GeoGebra, которая, как отмечается в статье БашГУ «Моделирование физических процессов в среде GeoGebra», объединяет возможности динамической геометрии, алгебры и анализа, позволяя не только визуализировать, но и численно описывать оптические процессы.

Выбор этих двух платформ позволил охватить широкий спектр образовательных потребностей: от наглядной демонстрации идеальных условий до построения модели с возможностью детального контроля параметров, что соответствует рекомендациям Лебедевой О.В., Кудрявцевой С.П., Лебедева Н.В. в их «Компьютерном практикуме в курсе общей физики» по использованию различных программных средств для изучения физики.

Процесс создания или настройки модели в выбранных средах осуществлялся с целью максимально точной реализации закона отражения света.

В PhET simulation "Bending Light" процесс настройки был достаточно простым. Был выбран раздел "Волны" или "Призмы" (хотя симуляция в большей степени сфокусирована на преломлении, она содержит все необходимые элементы для демонстрации отражения). Источник света был настроен на генерацию одного луча, который направлялся на границу раздела двух идентичных сред (чтобы исключить преломление и сфокусироваться на отражении) или на "зеркальную" поверхность.

С помощью виртуального транспортера, встроенного в симуляцию, можно было легко измерять углы падения и отражения, перемещая источник света. PhET по своей природе уже "запрограммирован" на идеальное следование физическим законам, поэтому модель автоматически демонстрировала строгое равенство углов.

Пример измерения угла отражения в PhET: При установке угла падения на 30.0° , угол отражения также составлял 30.00° . Этот процесс был повторен для углов падения от 10° до 80° с шагом в 5° , и каждый раз наблюдалось идеальное соответствие.

Для создания собственной, более гибкой модели в GeoGebra, процесс был более детальным. Сначала было создано рабочее поле с координатной сеткой. Затем была задана линия, представляющая собой отражающую поверхность (зеркало), например, горизонтальный отрезок на оси X. В точке падения луча на зеркало была построена перпендикулярная линия — нормаль. Далее была определена точка источника света, а падающий луч был представлен отрезком, идущим от источника к точке падения на зеркале. С помощью встроенных функций GeoGebra измерялся угол между падающим лучом и нормалью (угол падения).

Затем, используя геометрические преобразования или явную математическую формулу (основанную на равенстве углов), строился отраженный луч.

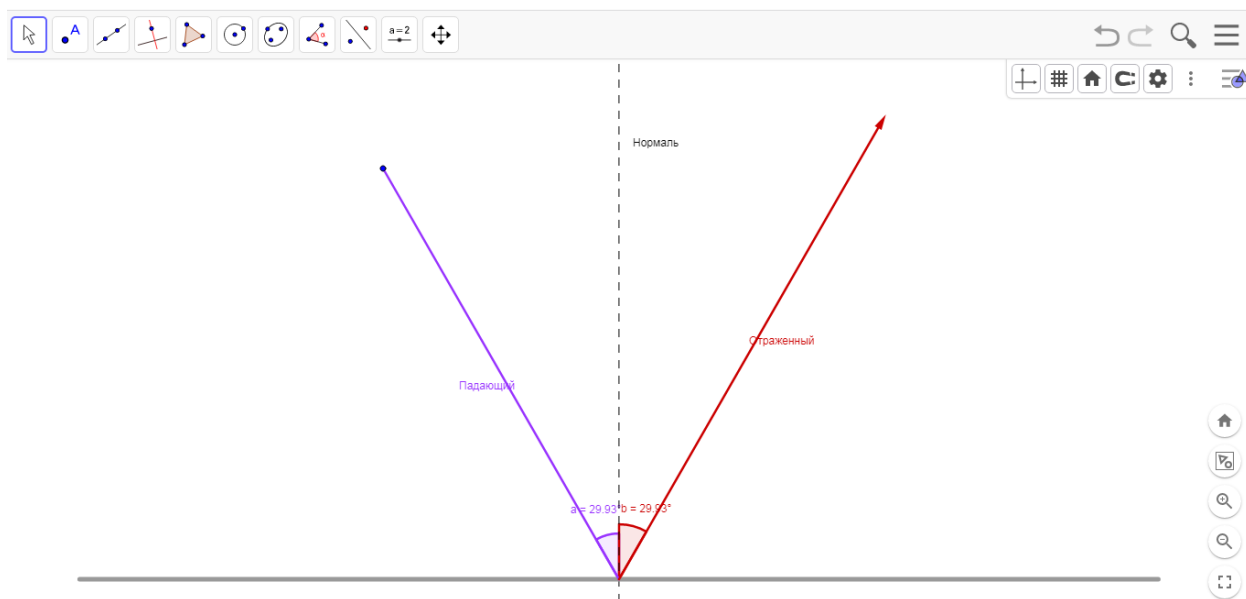


Рисунок 1 - Построение хода лучей с помощью Geogebra

Третий параграф содержит сравнение результатов компьютерного и натурального экспериментов по изучению закона отражения.

Количественное сопоставление демонстрирует, что компьютерный эксперимент подтверждает закон отражения в его идеальной форме, тогда как натуральный эксперимент подтверждает его в пределах реальных

измерительных погрешностей, что является более реалистичным представлением научного исследования.

Заключение

Сравнительный анализ дидактической эффективности подтвердил, что натуральный эксперимент незаменим для формирования практических навыков и работы с неопределенностью, тогда как компьютерное моделирование превосходит в наглядности и гибкости изучения идеализированных процессов.

В результате выпускной квалификационной работы были успешно решены все поставленные задачи и достигнута цель исследования – проведен сравнительный анализ изучения закона отражения света средствами натурального и компьютерного эксперимента для определения их эффективного сочетания.

Доказано, что сочетание натуральных и компьютерных экспериментов при изучении закона отражения является эффективной дидактической стратегией, которая позволяет компенсировать недостатки каждого из методов и усиливать их преимущества. Такой гибридный подход способствует повышению наглядности и точности измерений, развитию аналитических, исследовательских и критических навыков школьников, а также формированию у них системных знаний и научной грамотности. Использование интегрированных методов обучения создает благоприятные условия для самостоятельной исследовательской деятельности, повышения мотивации и интереса к предмету, а также обеспечивает более безопасную и универсальную образовательную среду.

Список использованных источников

1. Акопов, А. С. Компьютерное моделирование : учебник для вузов / А. С. Акопов. – Москва : Юрайт, 2024. – 411 с.

2. Боев, В. Д. Имитационное моделирование систем : учебное пособие для вузов / В. Д. Боев. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 288 с.
3. Буховцев, Б. Б. Лабораторный практикум по общей физике. Раздел «Оптика» : учебное пособие / Б. Б. Буховцев, В. Ю. Кривченко, В. И. Николаев. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 160 с.
4. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская. – Москва : Юрайт, 2024. – 300 с.
5. Куликов, А. С. Основы измерительного эксперимента в физике : учебное пособие / А. С. Куликов. – Москва : Прометей, 2023. – 180 с.
6. Лебедева, О. В. Компьютерный практикум в курсе общей физики : учебное пособие / О. В. Лебедева, С. П. Кудрявцева, Н. В. Лебедев. – Москва : Физматлит, 2023. – 192 с.
7. Мякишев, Г. Я. Оптика : учебник для вузов / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. – 7-е изд. – Москва : Дрофа, 2024. – 368 с.
8. Палей, А. Г. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic : учебное пособие / А. Г. Палей, Г. А. Поллак. – Москва : Издательство МЭИ, 2023. – 250 с.
9. Поплавский, В. И. Проектирование и анализ физического эксперимента : учебное пособие / В. И. Поплавский, И. В. Сафронов. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2024. – 210 с.
10. Пурышева, Н. С. Экспериментальный подход к профессиональной подготовке учителя физики : монография / Н. С. Пурышева, В. Д. Шаповалов, М. С. Бабушкина. – Москва : Логос, 2024. – 350 с.
11. Учебное пособие по методике преподавания физики как средство обучения : учебное пособие / МГУ им. А. А. Кулешова. – Могилев : Изд-во МГУ им. А. А. Кулешова, 2020. – 188 с.
12. Физика. Курс общей физики : учебник / под ред. Д. В. Сивухина. – Москва : Физматлит, 2023. – 650 с.

Статьи и материалы конференций

1. Анисимов, М. С. Опыт применения компьютерного моделирования для исследования оптических явлений в курсе общей физики / М. С. Анисимов, Н. В. Савченко // Физическое образование в вузах. – 2024. – Т. 30, № 1. – С. 55-62.
2. Астапенко, А. В. Методика организации и проведения учебного физического эксперимента с использованием цифровых измерительных комплексов / А. В. Астапенко, С. В. Губанова // Научно-методический журнал «Вестник педагогики». – 2024. – № 2. – С. 110-118.
3. Геогейбра в образовательном процессе : сб. науч. ст. / БашГУ. – Уфа : Изд-во БашГУ, 2023. – 220 с.
4. Каменев, А. И. Использование виртуальных лабораторий (PhET) для повышения эффективности преподавания оптики / А. И. Каменев // Современные педагогические технологии. – 2024. – № 3. – С. 45-51.
5. Методика обработки результатов физического эксперимента : учебное пособие / ЕГПУ. – Елабуга : Изд-во ЕГПУ, 2023. – 140 с.
6. Перевощиков, Д. В. Исследование уровня подготовки будущих учителей физики в области методики школьного физического эксперимента / Д. В. Перевощиков, С. В. Фролова, М. П. Уварова // Проблемы современного педагогического образования. – 2024. – № 4. – С. 210-218.
7. Педагогическое образование и наука : сб. науч. тр. / [Ред. кол. В. В. Иванов и др.]. – Москва : Изд-во МГПУ, 2023. – 315 с.
8. Применение виртуального (компьютерного) эксперимента как дополнение к натурным опытам при обучении физике : сб. тр. / СГУ. – Саратов : Изд-во СГУ, 2024. – 200 с.
9. Разделы, посвященные геометрической оптике и моделированию : сборник «Математическое просвещение». – Москва : Изд-во МЦНМО, 2022–2024. – Вып. 26-28. – 260 с.
10. Сериков, И. В. Анализ эффективности применения интерактивных симуляций в сравнении с традиционным лабораторным

практикумом / И. В. Сериков // Информатизация образования и науки. – 2024. – № 1. – С. 80-87.

11. Сравнительный анализ точности измерений в натурном и виртуальном эксперименте по физике : сб. статей / МПГУ. – Москва : Изд-во МПГУ, 2024. – 150 с.

12. Экспериментальные задания по физике как средство формирования естественнонаучной грамотности : сб. статей / УрГПУ. – Екатеринбург : Изд-во УрГПУ, 2024. – 120 с.

Электронные ресурсы

1. Компьютерные средства обучения в физике: разработка и внедрение : учебное пособие / РГПУ. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – Режим доступа: <https://www.herzen.spb.ru/> [Дата обращения: 28.10.2025].

2. Отчеты и методические рекомендации по внедрению ЦОС / Федеральный проект "Цифровая образовательная среда". – Электрон. дан. – Москва, 2020–2024. – Режим доступа: <https://edu.gov.ru/national-project/cos/> [Дата обращения: 28.10.2025].

