

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

Кафедра физики и методики её преподавания

**Использование натурального и компьютерного эксперимента
при изучении квантовых явлений**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 451 группы

направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование»

профиль подготовки «Физика»

факультета физико-математических и естественно-научных дисциплин

Фроловой Киры Александровны

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н



Т.Г. Бурова

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.



Т.Г. Бурова

Саратов 2026

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху стремительного научно-технического прогресса школьная физика должна не только передавать основные знания, но и формировать у учеников научное мировоззрение, способное объяснять реальные явления окружающего мира. Квантовая физика занимает в этом процессе особое место: она кардинально изменяет классические представления о частицах и волнах, вводя понятия вероятностной природы микромира, дискретности энергии и нелокальности. Однако преподавание этой дисциплины в старших классах связано с серьезными трудностями. Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) предполагают изучение основ квантовой механики – от фотоэффекта и модели Бора до волновой функции и принципа неопределенности Гейзенберга. Однако традиционные методы обучения (устные объяснения, рисунки на доске, простые формулы) часто оставляют учеников в замешательстве. Данные ЕГЭ по физике показывают, что средний балл по темам квантовой физики стабильно ниже, чем по механике или термодинамике. Это связано с абстрактностью материала: школьники не могут "увидеть" квантовые эффекты, что приводит к снижению интереса и мотивации.

При изучении квантовой физики в школе учителя сталкиваются с такой проблемой, как невовлеченность учащихся в изучение этих тем по сравнению с другими разделами школьного курса физики, тогда на помощь приходят экспериментальные методы. Натурные эксперименты с доступным оборудованием – такие как демонстрация фотоэлектрического эффекта с использованием гальванометра и ламп разных длин волн или интерференция фотонов в опыте с однофотонным источником – позволяют "пощупать" квантовые явления. В то же время компьютерные эксперименты открывают новые возможности: симуляции, представленные на различных сайтах.

Актуальность данной темы обусловлена не только педагогическими вызовами, но и практическим значением: знание квантовой физики

необходимо для подготовки специалистов в области квантовых технологий – таких как компьютеры, криптография и сенсоры, развитие которых предусмотрено в национальном проекте "Наука и университеты". Таким образом, создание комплексного подхода к использованию натуральных и компьютерных экспериментов становится своевременным шагом для модернизации школьного образования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка и экспериментальное обоснование методической модели, которая интегрирует натурные и компьютерные эксперименты в процесс изучения квантовой физики на уроках в старшей школе. Это должно способствовать более глубокому пониманию материала и повышению мотивации учащихся.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1) провести анализ содержания школьного курса квантовой физики в соответствии с ФГОС и выявить проблемные темы, нуждающиеся в экспериментальной поддержке;

2) обобщить педагогический и методический опыт использования натуральных экспериментов и компьютерного;

3) спроектировать серию из 2–3 интегрированных экспериментов, адаптированных для школьной среды, с описанием протоколов, программного обеспечения и инструментов оценки.

Практическая значимость заключается в разработке готового к внедрению набора материалов: методические рекомендации для учителя, инструкции к лабораторным работам, сценарии уроков и контрольные инструменты.

Краткое содержание

1 Теоретико-методологические основы применения эксперимента в обучении квантовой физике

В первом разделе рассматривается эволюция включения элементов квантовой механики в школьную программу. Отмечается, что если ранее данный раздел носил факультативный характер, то современные образовательные стандарты требуют обязательного освоения базовых концепций: фотоэффекта, модели атома Бора, волн де Бройля. Анализируются когнитивные особенности подростков и специфика методики преподавания, которая должна опираться не столько на сложные вычисления, сколько на качественное понимание через исторические аналогии, визуализацию абстрактных процессов и установление междисциплинарных связей с химией и информатикой.

Центральное место занимает классификация учебных физических экспериментов. Дается определение **натурному эксперименту** как исследованию реального объекта в естественных или специально созданных условиях. Подчеркивается его значение как источника объективных данных и критерия истинности теории. Описывается методика проведения натурального опыта, включающая этапы от постановки цели до анализа погрешностей и формулирования выводов. Отдельно рассматриваются виды школьного эксперимента: демонстрационный, фронтальный лабораторный и практикум.

Далее раскрывается сущность **компьютерного эксперимента**, где объектом исследования выступает математическая модель. Выделяются его ключевые преимущества: интерактивность, возможность многократного повторения опытов с изменением параметров, безопасность и доступность моделирования опасных или дорогостоящих процессов. Роль компьютерного моделирования рассматривается не только как самостоятельного инструмента, но и как средства оптимизации планирования натуральных исследований, автоматизации сбора данных и наглядной интерпретации результатов.

Особое внимание уделяется специфике применения обоих видов эксперимента именно в контексте квантовой физики. Подчёркивается, что изучение этого раздела требует диалектического мышления для разрешения парадоксов микромира. Поскольку число доступных школьных демонстраций невелико, натурный эксперимент должен фокусироваться на подтверждении фундаментальных законов, в то время как компьютерные симуляции позволяют продемонстрировать такие явления, как туннельный эффект, интерференция одиночных электронов или энергетические уровни атома водорода.

2 Проектирование и реализация дидактического комплекса

Второй раздел посвящен практической реализации цели исследования – созданию учебно-методического обеспечения.

Проектирование комплекса осуществлялось на основе системного подхода и требований ФГОС. Дидактический материал структурирован по блочно-модульному принципу и включает восемь взаимосвязанных компонентов: от мотивационного блока до итогового контроля. Методологической базой послужили труды ведущих отечественных педагогов-физиков, адаптированные под современные реалии цифрового образования.

Ключевым элементом комплекса являются практические работы. Разработан план конспект урока лабораторной работы по теме «Фотоэлектрический эффект». Натурная часть работы предполагает использование стандартной установки: источник света, фотоэлемент, набор светофильтров (красного, оранжевого, жёлтого цветов) и гальванометр. Учащиеся измеряют величину фототока, проходящего через различные фильтры, фиксируют данные в таблице и строят график зависимости силы тока от длины волны света. Эксперимент демонстрирует, что энергия выбитых электронов зависит от частоты излучения, а не от его интенсивности, что напрямую подтверждает квантовую гипотезу Эйнштейна

($E = h\nu$). На основании полученных данных определяется «красная граница» фотоэффекта. Этот опыт формирует у школьников правильные представления о пороговости явления и дискретной природе света.

Второй натурный опыт посвящён классическому доказательству существования внешнего фотоэффекта. Используется электромметр с цинковой пластиной. Опыт показывает мгновенный разряд пластины под действием ультрафиолетового излучения и отсутствие эффекта при освещении видимым светом или при установке стеклянной преграды, поглощающей УФ-лучи. Сравнение поведения цинка и меди позволяет ввести понятие работы выхода электрона и объяснить зависимость фотоэффекта от материала катода.

Компьютерный компонент комплекса дополняет и расширяет возможности реальной лаборатории. Для исследования фотоэффекта используется виртуальная модель, интерфейс которой позволяет, учащимся изменять длину волны и интенсивность света, а также напряжение между анодом и катодом. Работа с моделью включает построение вольт-амперной характеристики, определение запирающего напряжения и расчёт постоянной Планка. Это позволяет закрепить знания об уравнении Эйнштейна в безопасной и контролируемой среде.

Другая модель воспроизводит знаменитый опыт Юнга с двумя щелями. Программа предоставляет инструменты для изменения расстояния между щелями, ширины самих щелей и длины волны света. Учащиеся наблюдают формирование интерференционной картины на экране и могут проследить изменение положения максимумов и минимумов при варьировании параметров. Модель наглядно иллюстрирует волновую природу света и принципы суперпозиции, закладывая основу для дальнейшего понимания корпускулярно-волнового дуализма материи.

Разработанный комплекс также включает банк тестовых заданий различного уровня сложности, позволяющий осуществлять разноуровневый контроль знаний.

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 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. Анализировались полученные результаты и пути решения выявленных проблем.

Во втором разделе описан разработанный дидактический материал, включающий в себя перечень натурального и компьютерного эксперимента с методическими комментариями по их использованию.

Таким образом, поставленные в работе цели достигнуты, а задачи решены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Благовещенский, В. В. Компьютерные лабораторные работы по физике, химии, биологии : учебное пособие / В. В. Благовещенский. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 100 с. – ISBN 978-5-8114-2610-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210002> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бутиков Е.И. Лаборатория компьютерного моделирования. [Электронный ресурс]. – URL: <http://faculty.ifmo.ru/butikov/Applets/LabSimulations.pdf>. (дата обращения: 23.03.2026)
4. Голубева О. В. Роль натурального компьютерного эксперимента при введении фундаментальных физических понятий в учебном процессе [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-naturnogo-kompyuternogo-eksperimenta-pri-vvedenii-fundamentalnyh-fizicheskikh-ponyatiy-v-uchebnom-protseesse> (дата обращения: 10.05.2026).
5. Гусейханов, М. К. История и методология физики / М. К. Гусейханов, Т. А. Гуйдалаева. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 312 с. – ISBN 978-5-507-47917-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/356111> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Ефимова, И. Ю. Компьютерное моделирование: учебное пособие / И. Ю. Ефимова, И. Н. Мовчан, Л. А. Савельева. – 3-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2023. – 70 с. – ISBN 978-5-9765-3788-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/348245> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Казакова А. Н. Развитие теории, методологии и практики компьютерного эксперимента в социально-экономических исследованиях и задачах управления [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-teorii-metodologii-i-praktiki-kompyuternogo-eksperimenta-v-sotsialno-ekonomicheskikh-issledovaniyah-i-zadachah-upravleniya> (дата обращения: 10.05.2026).
8. Колесникова Е. М. Современные подходы к преподаванию квантовой физики в школе: от классических моделей к квантовым парадоксам [Электронный ресурс] // ФГОС онлайн. URL: <https://fgosonline.ru/stati/sovremennye-podhody-k-prepodavaniyu-kvantovoj-fiziki-v-shkole-ot-klassicheskikh-modelej-k-kvantovym-paradoksam/> (дата обращения: 10.05.2026).
9. Лабораторные работы. Организация и проведение // [Электронный ресурс]/. – электрон. журн. – режим доступа: https://mf.bmstu.ru/info/izdat/toaut/docs/Standart_Laboratornye_raboty_Tsv.pdf (дата обращения 25.03.2026). – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
10. Ларина, Т. В. Методика обучения физике: учебное пособие / Т. В. Ларина. – Воронеж: ВГПУ, 2024 – Часть 1–2024. – 148 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/449678> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Лозовский, В. Н. Курс физики: учебник: в 2 томах / В. Н. Лозовский. – 6-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2022 – Том 2 – 2022.

– 608 с. – ISBN 978-5-8114-0287-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210287> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. 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.
13. Мартинсон, Л. К. Квантовая физика: учебное пособие / Л. К. Мартинсон, Е. В. Смирнов. – 5-е изд. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2021. – 528 с. – ISBN 978-5-7038-5562-1. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/205904> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
14. Мякишев, Г. Я. Физика: 11-й класс: базовый и углублённый уровни: учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Ч. Б. ч 1; под редакцией Н. А. Парфентьевой. – 13-е изд., стер. – Москва: Просвещение, 2025. – 432 с. – ISBN 978-5-09-120193-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/497774> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
15. Роботова, А. С. Педагогика повседневная и научная: опыт, оценки, размышления: монография / А. С. Роботова. – Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. – 183 с. – ISBN 978-5-8064-1722-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/5589> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
16. Селиверстов А. А. Физический эксперимент и его роль в обучении физике [Электронный ресурс] // Nportal. 2013. URL:

[https://nsportal.ru/shkola/fizika/library/2013/02/05/fizicheskiy-](https://nsportal.ru/shkola/fizika/library/2013/02/05/fizicheskiy-eksperiment-i-ego-rol-v-obuchenii-fizike)

[eksperiment-i-ego-rol-v-obuchenii-fizike](https://nsportal.ru/shkola/fizika/library/2013/02/05/fizicheskiy-eksperiment-i-ego-rol-v-obuchenii-fizike) (дата обращения: 10.05.2026).

17. Сухочева Н. В. Анализ школьных программ по физике в разделе «Квантовая физика» [Электронный ресурс] // Открытый урок. Фестиваль педагогических идей. 2008. URL: <https://urok.1sept.ru/publication/31786> (дата обращения: 10.05.2026)
18. Теория и методика обучения физике: учебное пособие / Н. Б. Гребенникова, М. П. Ланкина, О. Е. Левенко, Н. Г. Эйсмонт. – Омск: ОмГУ, 2017. – 160 с. – ISBN 978-5-7779-2126-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/101805> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
19. Терегулов Д. Ф., Попов С. Е. Методика проведения занятий на основе сочетания натурального и вычислительного эксперимента [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-provedeniya-zanyatiy-na-osnove-sochetaniya-naturalnogo-i-vychislitelnogo-eksperimenta> (дата обращения: 10.05.2026).
20. Шаповалов, А. А. Педагогическое конструирование экспериментальных задач по физике: учебное пособие / А. А. Шаповалов, Л. Е. Андреева. – Барнаул: АлтГПУ, 2018. – 176 с. – ISBN 978-5-88210-926-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/119521> (дата обращения: 10.05.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

