

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и методико-
информационных технологий

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ФИЗИКЕ
И ИХ ОТРАЖЕНИЕ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ
студента 4 курса 461 группы
направления 44.03.01 Педагогическое образование
профиль «Физика»
физического факультета
Сапрыкиной Дарьи Александровны

Научный руководитель
доктор ф.-м. наук, профессор
Зав. кафедрой
доктор ф.-м. наук, профессор


15.06.18

16.06.18

В.П. Вешнев

Б.Е. Железовский

Саратов, 2018 год

ВВЕДЕНИЕ

Из многочисленных экспериментов и наблюдений в физике можно выделить такие эксперименты, которые играют основополагающую роль в существовании науки о природе, в разработке научных представлений, законов, теорий, а вследствие этого, оказывают огромное влияние на различные сферы человеческой деятельности.

Особое значение имеют фундаментальные научные эксперименты физической науки, которые положены в основу (фундамент) физической теории или подтверждают её правильность, основательность и долгосрочность. Такие эксперименты имеют существенные особенности:

1. Фундаментальные научные эксперименты являются источниками принципиально важных знаний в системе физического образования и современной научной картины мира.

2. В развитии физической науки фундаментальные эксперименты стали важными поворотными моментами. На каждом этапе истории физики возникали такие ситуации, когда для разрешения противоречий приходилось ставить решающие эксперименты.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка методического материала по освещению некоторых фундаментальных экспериментов физики для школьников старших классов.

Для достижения поставленной цели возникает необходимость решить следующие **задачи**:

1. Выделить и рассмотреть фундаментальные эксперименты из пяти разделов физики (динамика, электродинамика, теория относительности, молекулярно-кинетическая теория и квантовая физика).

2. Проанализировать школьные учебники для старших классов на отражение описания рассматриваемых экспериментов.

3. Разработать методический материал к урокам физики с включением описания выделенных фундаментальных экспериментов.

Тема работы представляется весьма актуальной, так как фундаментальные эксперименты по физике являются основой полной научной картины мира. К тому же, изучение истории развития науки имеет большое значение для формирования мировоззрения учащихся, строгости и глубины представлений о мире.

Работа состоит из **введения, основная часть из двух глав, заключения и списка использованных источников.**

Общий объём работы 55 страниц.

Во **введении** обоснована актуальность темы.

Основная часть содержит описание фундаментальных экспериментов из пяти разделов физики, а также содержит результаты анализа школьных учебников 10 и 11 классов базового и профильного уровней и методические разработки к пяти уроков (по количеству рассматриваемых экспериментов).

В **заключении** отражены результаты проделанной работы.

Основная часть.

Основная часть работы начинается с изложения предыстории, теории, описания экспериментальных установок, хода и результатов проведения фундаментальных опытов из пяти разделов физики: динамика, электродинамика, теория относительности, молекулярно-кинетическая теория и квантовая физика.

Эксперимент по определению значения гравитационной постоянной впервые был предложен Джоном Митчелом, но провести он его не успел, и его установка – крутильные весы, перешла в руки британскому физика *Генри Кавендишу*. Он улучшил полученное устройство и провёл опыты, по результатам которых значение гравитационной постоянной, высчитанное из гравитационного параметра составило $(6,6 \pm 0,04) \times 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$. На данный момент её значение составляет примерно $6,67 \times 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Далее говорится о том, что закон Кулона – фундаментальный закон природы. Он прост по форме, но имеет глубокое содержание. Ещё в 1760 г. Даниил Бернулли сообщил об установлении квадратичного закона

взаимодействия наэлектризованных тел, но результаты эксперимента нигде не были опубликованы.

В 1767 г. в Англии вышла книга Джозефа Пристли «История и современное состояние электричества с оригинальными опытами». В ней приведено описание эксперимента учёного, где заряжался хорошо изолированный полый металлический сосуд, внутрь которого вводились пробковые шарики.. Наблюдения показали, что шарики не испытывали силового действия, хотя снаружи оно было значительным.

Генри Кавендиш несколько видоизменил опыт Джозефа Пристли, создав более точный измерительный прибор, по которому провёл свои опыты. Но он не опубликовал многих из своих исследований по электричеству. Спустя почти сто лет его рукописи, которые хранили интересные результаты, издал *Джеймс Максвелл*.

Закон был найден *Шарлем Огюстеном Кулоном*, которому удалось изготовить крутильные весы, которые проводили измерения с очень большой точностью. Из опытов Ш. Кулон заключил, что сила отталкивания двух небольших одинаково наэлектризованных шариков обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами обоих шариков. Этот результат ещё не сам искомый закон. Он поясняет взаимодействие заряженных шариков, а нужно выявить закон о взаимодействии электрических зарядов и показать, что взаимодействие заряженных шариков не зависит от материала, из которого они сделаны. И после многочисленных опытов Ш. Кулон заключил, **что сила, с которой одно малое заряженное тело (в идеальном случае – точечный заряд, т.е. тело подобно материальной точке, не имеющее пространственных размеров) действует на другое заряженное тело, пропорциональна произведению их зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.**

После идёт информация о том, что в XIX веке физики представляли себе пространство наполненным особым неподвижным и невидимым веществом – носителем световых волн, названным «*светоносным*» *эфиром*. Эфир, по

мнению этих учёных, заполнял всю Вселенную, он проникал во все материальные тела. И если свет распространяется через неподвижный, неизменный эфир с определённой скоростью и если эта скорость не зависит от скорости движения источника, то скорость света может служить эталоном для определения абсолютного движения наблюдателя. На скорость света, измеренную с движущегося предмета, должен влиять эфирный ветер. Этот ветер должен дуть навстречу Земле, проникая в промежутки между её атомами, со скоростью Земли. Чтобы измерить абсолютное движение Земли (её движение относительно неподвижного эфира), необходимо измерить скорость, с которой свет проходит определённое расстояние на земной поверхности туда и обратно. Учёные считали, что из-за эфирного ветра свет должен двигаться быстрее в одном направлении, чем в другом. Сравнив скорости света, испущенного по разным направлениям, можно было бы вычислить абсолютную скорость движения Земли в любой момент времени. Этот эксперимент был впервые предложен в 1875 г. шотландским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом, но не стал его опубликовывать.

Эксперимент по обнаружению эфирного ветра, проведённый в 1887 г., известный как *опыт Майкельсона – Морли*, по праву считают одной из великих поворотных точек современной физики. Сущность теории этого опыта заключается в получении интерференционной картины на экспериментальной установке и выявлении малейшей десинхронизации двух лучей под воздействием «эфирного ветра». В этом случае было бы доказано существование эфира.

Опыты были закончены в июле 1887 г. Результаты были сведены воедино и проанализированы. Все подсчёты сделаны и неоднократно проверены. Против всякого ожидания, смещения того порядка, которого требовала гипотеза неподвижного эфира, обнаружено не было. *Альберт Майкельсон* и *Эдвард Морли* не остановились, считая причиной своей неудачи несовершенство экспериментальной установки и повторили свой опыт с ещё более совершенным прибором. Результаты не изменились.

Одна из позднейших попыток обнаружения «эфирного ветра» показала, что отношение скорости света в направлении движения Земли к скорости света в направлении, перпендикулярном к этому движению, отличается от единицы не более, чем на 10^{-15} . Это на сегодняшний день наиболее точное повторение опыта, давшего, по словам английского физика и философа Дж. Бернала, «*величайший из всех отрицательных результатов в истории науки*».

После этого речь заходит о том, что в 1827 г. известным ботаником *Робертом Броуном* было описано хаотическое движение мелких частиц в воде. Р. Броун изучал пыльцу растений под микроскопом, а для того чтобы пыльца не разлеталась, помещал её в каплю воды. По убеждениям Р. Броуна, движение частиц пыльцы доказывало, что она живая. Объяснения происходящему у Р. Броуна не было, и он опубликовал сообщение о своём открытии без него.

Первоначально учёные не проявляли интерес к явлению, открытому Робертом Броуном. Только во второй половине XIX в. объяснение данного явления заинтересовало многих учёных. Выяснилось, что движение каждой частицы является непрерывным и не связано с движением окружающих частиц. Оно не зависит от яркости направленного на него света. При этом на скорость частиц влияет их масса и вязкость окружающей среды. Мелкие частицы двигались быстрее, чем крупные.

В мае 1905 г. в немецком журнале *Annalen der Physik* появилась статья *Альберта Эйнштейна* «О движении взвешенных в покоящейся жидкости частиц, требуемом молекулярно-кинетической теорией теплоты». Этим названием он показывал, что существование движения мельчайших твёрдых частиц в жидкостях является прямым следствием молекулярно-кинетической теории строения вещества.

Истинность теории французский физик *Жан Перрен* проверил, исследуя распределение частиц эмульсии по высоте.

После тщательной обработки полученных результатов учёный пришёл к следующим выводам: средний квадрат перемещения броуновской частицы пропорционален времени её движения; число частиц в жидкости очень быстро

убывает с высотой – через каждые 30 мкм их количество в слое сокращалось почти вдвое; законы идеальных газов, распространённые на разведённые растворы, применимы и на однородные эмульсии. Поэтому молекулярную теорию броуновского движения можно считать надёжно обоснованной.

Своим опытом Ж. Перрен окончательно доказал реальность существования молекул и верность молекулярного учения о строении вещества.

Наиболее точные исследования броуновского движения в XIX в. провёл французский физик *Луи Жорж Гуи*. Он установил: интенсивность броуновского движения возрастает с уменьшением внутреннего трения жидкости; интенсивность броуновского движения никак не зависит от интенсивности освещения и внешнего электромагнитного поля; броуновское движение вызвано влиянием теплового движения молекул.

В учебной литературе по физике, обычно, говорится, что ядерная модель атома была открыта *Эрнестом Резерфордом* в 1911 году. Фактически эта дата относится к дате публикации его теоретической работы. Если же говорить о самом эксперименте, то он был проведён после выпуска этой статьи и опубликован в другой работе.

К этому времени многими учёными были выдвинуты несколько основных гипотез о строении атома. Первая модель принадлежала *Уильяму Томсону (лорду Кельвину)* высказанная в 1902 г. Дальнейшее развитие она получила у *Джозефа Джона Томсона*, который проделал и опубликовал достаточно большую работу по этой модели в 1904 году. Другая модель структуры атома предлагалась японским физиком *Хантаро Нагаокой*. Третья модель принадлежала известному физика, получившему Нобелевскую премию по исследованию катодных лучей, *Филиппу Ленарду*. Его модель была опубликована в 1903 году. В её основу заложены результаты экспериментальных исследований прохождения катодных лучей через различные среды.

Эрнест Резерфорд, подобно Ф. Ленарду, использовал мощный экспериментальный метод – метод исследования прохождения α -частиц через

различные среды. Кроме этих исследований к 1908 году он вновь заинтересовался эффектом рассеяния α -частиц. Исследования были поручены Хансу Гейгеру и Эрнесту Марсдену.

Собрав все полученные данные Э. Резерфорд представил свою новую модель атома – *планетарную модель*. По этой модели *атом имеет ядро, размеры которого малы по сравнению с размерами самого атома. В ядре сконцентрирована почти вся масса атома. Отрицательный заряд всех электронов распределен по всему объему атома и компенсируется положительным зарядом ядра.*

Вторая глава основной части содержит результаты анализа учебников базового и профильного уровней для 10 и 11 классов на отражение в них выбранных фундаментальных экспериментов. Для анализа учебников были выбраны *три критерия*: наличие описания экспериментальных установок; описание хода проведения эксперимента; отражение результатов проведенных опытов.

По результатам анализа, был сделан вывод, о том, что описанию фундаментальных экспериментов в базовых учебниках уделяется недостаточное внимание. На профильном уровне роль фундаментальные экспериментов рассматривается намного подробнее. На их изучение отводятся отдельные параграфы.

Во второй главе также приведено *пять методических разработок* к урокам (по количеству рассматриваемых экспериментов). В них включены *цифровые образовательные ресурсы*, вопросы для актуализации знаний учащихся, вопросы и задачи для контроля и первичного закрепления знаний.

Заключение

В рамках данной работы были выделены и рассмотрены известные и интересные фундаментальные эксперименты: опыт Кавендиша (закон всемирного тяготения); опыт Кулона (закон Кулона); опыт Майкельсона –

Морли; опыт Перрена (броуновское движение) и опыты Резерфорда (опыты по установлению планетарной модели атома).

Для анализа отражения этих опытов в школьной программе физики были выбраны учебники для 10 и 11 классов базового и профильного уровня.

Выяснилось, что во всех перечисленных учебниках базового уровня достаточно полно рассмотрены два из пяти выбранных в данной работе экспериментов. Это опыт Ш. Кулона и опыты Э. Резерфорда. В учебниках подробно дано описание опытных установок, рассмотрен ход экспериментов, описаны результаты экспериментов и отмечена их точность.

В результате анализа на освещение классических опытов в учебниках физики можно сделать вывод о том, что авторы (составители) учебников мало внимания уделяют цели, описанию, истории многих фундаментальных экспериментов, что даёт неполное представление об их значимости для становления физической картины мира. Более удручающая ситуация с современным физическим экспериментом. В XXI веке было проведено много значимых наблюдений, роль которых в развитии науки на данном этапе оценить затруднительно при их очевидной важности. Примером может стать открытие в 2012 году с помощью адронного коллайдера новой частицы – бозона Хиггса. В школьном курсе физики наличие сведений о новых открытиях или о доказательствах и подтверждениях ранее проведённых опытов побуждало бы у учащихся больший интерес к физике, как к фундаментальной науке о природе.

По результатам анализа учебников для достижения цели выпускной квалификационной работы представлена методическая разработка по освещению некоторых фундаментальных экспериментов физики для школьников старших классов в виде цифрового образовательного ресурса к урокам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дуков, В.М. Исторические обзоры в курсе физики средней школы: пособие для учителей / В.М. Дуков. М.: Просвещение, 1983. 160 с.
2. Джанколи, Д. Физика. В 2 т. Т. 2. / Д. Джанколи. М: Мир, 1989 г. 672 с.
3. Гарднер, М. Теория относительности для миллионов. / М. Гарднер. М: Атомиздат, 1967. 62 с.
4. Ацюковский, В.А. Эфирный ветер: от Максвелла до наших дней. / В.А. Ацюковский. М.: Энергоатомиздат, 2011. 419 с.
5. Джефф, Б. Майкельсон и скорость света. / Б. Джефф. М: Издательство иностранной литературы, 1963. 162 с.
6. Башлачёв, Ю.А, Богданов, Д.Л. Фундаментальные эксперименты физики: курс лекций. В 3 ч. Ч.1. / Ю.А Башлачёв, Д.Л. Богданов. М.: МГОУ, 2006. 53 с.
7. Перельман, М.Е.. Наблюдения и озарения, или как физики выявляют законы природы: От Аристотеля до Николы Теслы. / М.Е. Перельман. 2-е изд.. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 216 с.
8. Перрен, Ж. Атомы. В 45 т. Т.20. / Ж. Перрен. М.: Госиздат, 1921. 255 с.
9. Кудрявцев, П.С. История физики: от открытия квант до квантовой механики. В 3 т. Т. 3./ П.С. Кудрявцев. М: Просвещение, 1971. 415 с.
- 10.Мякишев, Г.Я., Буховцев, Б.Б., Сотский, Н.Н. Физика. 10 класс. Учебник для общеобразовательных организаций. Базовый уровень. / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. М.: Просвещение, 2014. 416 с.
- 11.Мякишев, Г.Я., Буховцев, Б.Б., Чаругин, В.М. Физика. 11 класс. Учебник для общеобразовательных организаций. Базовый уровень. /Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Б.Б. Чаругин. В.М.: Просвещение, 2014. 399 с.
- 12.Пурешева, Н.С., Важеевская, Н.Е., Исаев, Д.А. Физика. 10 класс. Учебник. Базовый уровень. / Н.С. Пурешева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев. М.: Дрофа, 2015. 271 с.

13. Пурышева, Н.С., Важеевская, Н.Е., Исаев, Д.А., Чаругин, В.М. Физика. 11 класс. Учебник. Базовый уровень. / Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев, В.М. Чаругин. М.: Дрофа, 2014. 303 с.
14. Касьянов, В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Базовый уровень. / В.А. Касьянов. М.: Дрофа, 2014. 287 с.
15. Касьянов, В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Базовый уровень. / В.А. Касьянов. М.: Дрофа, 2014. 272 с.
16. Балашов, М.М., Гомонова, А.И., Долицкий, А.Б., Дрибинский, Б.Л., Мякишев, Г.Я., Нотов, Л.А., Пустовалов, Г.Е., Синяков, А.З., Слободсков, Б.А. Физика. Механика. 10 класс. Профильный уровень. Учебник для общеобразовательных учреждений. / М.М. Балашов, А.И. Гомонова, А.Б. Долицкий, Б.Л. Дрибинский, Г.Я. Мякишев, Л.А. Нотов, Г.Е. Пустовалов, А.З. Синяков, Б.А. Слободсков, М.: Дрофа, 2010. 495 с.
17. Мякишев, Г.Я., Синяков, А.З. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 класс. Профильный уровень. Учебник для общеобразовательных учреждений. / Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков. М.: Дрофа, 2010. 349 с.
18. Мякишев, Г.Я., Синяков, А.З., Слободсков, Б.А. Физика. Электродинамика. 10 – 11 класс. Профильный уровень. Учебник для общеобразовательных учреждений. / Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков, Б.А. Слободсков. М.: Дрофа, 2010. 476 с.
19. Мякишев, Г.Я., Синяков А.З. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 класс. Учебник для углубленного изучения физики. Учебник для общеобразовательных учреждений. / Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков. М.: Дрофа, 2002. 464 с.
20. Рымкевич, А.П. Физика. Задачник. 10 – 11 кл.: учебное пособие. / А.П. Рымкевич. М.: Дрофа, 2014. 188 с.
21. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики. Учебное пособие. / В.С. Волькенштейн. М.: Наука, 1985. 384 с.

22. Свободная электронная энциклопедия «Википедия». Джеймс Клерк Максвелл [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Максвелл, Джеймс Клерк](https://ru.wikipedia.org/wiki/Максвелл,_Джеймс_Клерк) (дата обращения 19.02.2018).
23. Интерактивный гид в мире космоса [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: <http://spacegid.com/> (дата обращения 19.02.2018).
24. Лабораторная работа № 2. Наблюдение броуновского движения. Опыт Перрена [Электронный ресурс]. URL: http://mdito.pspu.ru/nfpk/um5/um5_lab_rab2.html (дата обращения 22.03.2018).
25. Свободная электронная энциклопедия «Википедия». Броуновское движение [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Броуновское движение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Броуновское_движение) (дата обращения 22.03.2018).