

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева»  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики, информатики  
Кафедра физики и методики обучения физике

**Евсеева Татьяна Генадьевна**  
**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема: Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при  
выполнении виртуального лабораторного физического практикума

Направление подготовки: 44.04.01 Педагогическое образование

Магистерская программа: Физическое образование в системе интеграции  
фундаментального и технологического знания

**ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ:**

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор Тесленко В.И.

« 7 » декабря 2018



*В.И.*

Руководитель магистерской программы

д.т.н., профессор Тесленко В.И.

« 7 » декабря 2018

*В.И.*

Научный руководитель

к.п.н., доцент Залезная Т. А.

« 7 » декабря 2018

*Т.А.*

Обучающийся Евсеева Т.Г.

« 7 » декабря 2018

*Т.Г.*

Красноярск

2018

## РЕФЕРАТ

к магистерской диссертации

«Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального лабораторного физического практикума»

Данное исследование посвящено формированию учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального лабораторного физического практикума .

Объем и структура работы: магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, библиографического списка, включающего 23 источников. Общее количество страниц – 83, количество таблиц – 12, количество рисунков – 8.

Цель исследования: формирование универсальных исследовательских умений у учащихся в рамках виртуального лабораторного физического практикума.

Объект исследования: процесс обучения физики учащихся.

Предмет исследования: формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся в рамках курса «Атомная физика».

Гипотеза исследования: качество обучения физике учащихся можно повысить, если в процесс обучения ввести виртуальный компьютерный физический практикум.

Задачи исследования:

1. Проанализировать научно-методическую и методическую литературу по теме исследования;
2. Рассмотреть различные способы организации учебно-исследовательской деятельности учащихся;
3. Проанализировать состав и содержание универсальных учебных

действий у учащихся;

4. Разработать методические рекомендации по организации учебно-исследовательской деятельности учащихся.

5. Провести педагогический эксперимент по проблеме, рассматриваемой в выпускной квалификационной работе.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы исследования и виды деятельности:

-теоретические методы исследования (анализ методической литературы);

-экспериментальные методы и формы работы (исследования констатирующего и поискового характера с использованием наблюдения педагогических явлений, опытная проверка и частичное внедрение предлагаемых методических решений).

Научная новизна результатов диссертационного исследования:

- Разработаны методические рекомендации для формирования учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении работ виртуального физического практикума.

Теоретическая и практическая ценность работы в том, что разработаны критерии оценивания учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального физического практикума и внедрены в учебный процесс МБОУ "Каптыревская средняя общеобразовательная школа"

# ESSAY

to the master's thesis

"The formation of teaching and research activities of students in the implementation of the virtual laboratory physical workshop"

This study is devoted to the formation of educational and research activities of students in the implementation of a virtual laboratory physical workshop.

The scope and structure of the work: the master's thesis consists of an introduction, three chapters, a bibliographic list that includes 23 sources. The total number of pages - 83, the number of tables - 12, the number of figures - 8.

Objective: the formation of universal research skills of students in the framework of the virtual laboratory physical workshop.

Object of study: the process of teaching physics students.

Subject of research: the formation of teaching and research activities of students in the course "Atomic Physics".

Research hypothesis: the quality of teaching physics to students can be improved if a virtual computer physical workshop is introduced into the learning process.

Objectives of the study:

1. To analyze the scientific and methodological and methodical literature on the research topic;
2. To consider the various ways of organizing educational and research activities of students;
3. To analyze the composition and content of universal educational actions for students;

4. Develop guidelines for the organization of educational and research activities of students.

5. To conduct a pedagogical experiment on the problem addressed in the final qualifying work.

To solve the tasks, the following research methods and activities were used:

- theoretical research methods (analysis of methodical literature);
- experimental methods and forms of work (studies of ascertaining and exploratory nature using observation of pedagogical phenomena, experimental verification and partial introduction of proposed methodological solutions).

Scientific novelty of the dissertation research results:

- Developed guidelines for the formation of teaching and research activities of students in the performance of the work of the virtual physical workshop.

The theoretical and practical value of the work is that criteria have been developed for evaluating the educational and research activities of students in performing a virtual physical workshop and are introduced into the educational process at the Kapyrevskaya Secondary Secondary School

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	2
ГЛАВА 1. Использование информационных технологий в современном школьном физическом образовании .....	6
1.1. Основные подходы к организации школьного физического образования .....	6
1.2. Применение информационных технологий в исследовательской деятельности учащихся.....	13
ГЛАВА 2. Методика организации виртуального лабораторного практикума по курсу «Атомная физика» .....	31
2.1. Моделирование организации виртуального физического практикума	31
2.2. Методические рекомендации по формированию учебно-исследовательской деятельности по теме «Атомная физика» .....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Изменения в современной системе образования, предполагают повышение требований к качеству подготовки учащихся в школе. Задача образования состоит в том, чтобы знания приобретались с учетом будущей деятельности и способствовали развитию надпредметных умений, связанных с самоопределением и самореализацией личности. Для выполнения поставленной задачи Федеральный Государственный Образовательный Стандарт основного общего образования и среднего (полного) общего образования предполагает формирование у учащихся универсальных учебных действий (УУД). Универсальные учебные действия формируются через применение системно-деятельностного подхода, который является методологической основой обучения и обеспечивает:

- проектирование и конструирование развивающей образовательной среды образовательного учреждения;
- построение образовательного процесса с учетом индивидуальных, возрастных, психологических и физиологических особенностей;
- формирование готовности к саморазвитию и непрерывному образованию;
- активную учебно-познавательную деятельность учащихся.

Реформы образования, в концепции реализации личностно-ориентированного подхода, меняет привычную для педагогов практику обучения, и требуют следующие изменения:

- внедрение новых педагогических технологий, обеспечивающих развитие самоопределением и самореализацией личности;
- обновление содержания школьного физического образования.

Эти неизбежные преобразования необходимо внедрять и в систему школьного физического образования. Содержание школьного физического

образования в них претерпело значительные изменения, а образовательные технологии обновляются медленно, так как традиционная система с трудом вытесняется новыми технологиями.

Педагогические технологии учебно-исследовательской деятельности как раз сориентированы на решение сложных психолого-педагогических задач: научить школьника самостоятельно работать, общаться с окружающими, прогнозировать и оценивать результаты своего труда, искать причины затруднений и уметь преодолевать их.

Все выше изложенное позволяет сделать вывод о существовании *противоречий*:

- с одной стороны, возрастающими требованиями общества к нравственности интеллекту человека, его общей культуре, а с другой стороны - фактическим уровнем подготовленности педагогического состава, к выполнению этих требований;

- с одной стороны необходимостью формирования УУД, а с другой стороны - недостаточной разработанностью современных технологий организации обучения для их формирования.

Эти противоречия, а также все вышеизложенное, обуславливают *актуальность* исследования на тему «Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального лабораторного физического практикума».

*Цель исследования*: формирование универсальных исследовательских умений у учащихся в рамках виртуального лабораторного физического практикума.

*Объект исследования*: процесс обучения физики учащихся.

*Предмет исследования*: формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся в рамках курса «Атомная физика».



*Гипотеза исследования:* качество обучения физике учащихся можно повысить, если в процесс обучения ввести виртуальный компьютерный физический практикум.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы исследования и для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

*Задачи исследования:*

1. Проанализировать научно-методическую и методическую литературу по теме исследования;
2. Рассмотреть различные способы организации учебно-исследовательской деятельности учащихся;
3. Проанализировать состав и содержание универсальных учебных действий у учащихся;
4. Разработать методические рекомендации по организации учебно-исследовательской деятельности учащихся.
5. Провести педагогический эксперимент по проблеме, рассматриваемой в выпускной квалификационной работе.

Для решения поставленных задач использовались следующие *методы исследования и виды деятельности:*

-теоретические методы исследования (анализ методической литературы);

-экспериментальные методы и формы работы (исследования констатирующего и поискового характера с использованием наблюдения педагогических явлений, опытная проверка и частичное внедрение предлагаемых методических решений).

Исследование осуществлялось в три этапа:

*На первом этапе* были сформулированы цель исследования и задачи для ее реализации, выдвинута гипотеза, проводился сбор информации по теме исследования, а также анализ психолого - педагогической и учебно-методической литературы, был проведен констатирующий эксперимент, в

задачу которого входило изучение и анализ проблемы формирования исследовательской деятельности учащихся при обучении физике.

*На втором этапе* было разработано методическое пособие для выполнения виртуального физического практикума по теме «Атомная физика»

*На третьем этапе*, проведен эксперимент, который позволил доказать справедливость выдвинутой гипотезы исследования.

*Научная новизна* результатов диссертационного исследования:

- Разработаны методические рекомендации для формирования учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении работ виртуального физического практикума.

**Теоретическая и практическая ценность работы** в том, что разработаны критерии оценивания учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального физического практикума и внедрены в учебный процесс МБОУ "Каптыревская средняя общеобразовательная школа"

*Структура диссертации.* Диссертационное исследование состоит из введения, двух глав, заключения, библиографического списка. Диссертация исследования состоит из 81 страницы, 8 рисунков, 12 таблиц, 23 источника литературы. Общий объем составляет 83 страницы.

# **ГЛАВА 1. Использование информационных технологий в современном школьном физическом образовании**

## **1.1. Основные подходы к организации школьного физического образования**

В последнее время всю прогрессивную общественность волнуют вопросы организации школьного физического образования, его модернизации, формирования новых жизненных установок личности и т.д. Процесс обучения физики должен обеспечить возможность получения надежных, необходимых и прочных знаний, являющихся фундаментом компетентной личности. Развивающемуся обществу нужны современно образованные, нравственные, предприимчивые и компетентные личности, способные самостоятельно принимать ответственные решения в ситуации выбора, прогнозируя их возможные последствия, умеющие выбирать способы сотрудничества. Они отличаются мобильностью, динамизмом, конструктивностью, обладают развитым чувством ответственности за свою судьбу, судьбу страны. В настоящее время существует множество подходов к организации школьного образования: гуманизация; технологизация; демократизация; интеграция; стандартизация; информатизация и компьютеризация.

Охарактеризуем каждый из этих подходов.

*Гуманизация образования* предполагает, что образования должно быть переориентировано с интересов общества на интересы и возможности личности школьников. Современный век, век борьбы культур и человеческих ресурсов, которые связаны с современным обучением.

Гуманизация образования противостоит его технократизации, то есть направленности на служение обществу и прежде всего производству и научно-техническому прогрессу.

Гуманизация образования означает создание оптимальных условий для всестороннего развития личности. Следовательно, обучение должно носить личностно ориентированный характер.

Основными характерными чертами такого обучения являются:

- приоритет развития над обучением;
- субъект-субъектные отношения;
- знания, умения и навыки как средство развития личности;
- использование активных методов обучения;
- включение в процесс обучения рефлексии, самоанализа и самооценки.

Гуманистическое образование должно способствовать воспитанию следующих компонентов базовой структуры личности: культуры жизненного и профессионального самоопределения, интеллектуальной, нравственной, технологической, информационной, гражданской и экологической культур.

Гуманизация современной школы способствует усилению и усложнению уровневой и профильной дифференциации образования согласно склонностям, интересам, возможностям и способностям учащихся.

*Технологизация образования.* Становление и развитие информационно-технологической цивилизации обусловило осуществление технологизации образования. Технологическая подготовка рассматривается в качестве составного элемента общего образования и выступает основным составным элементом профессионального образования.

*Демократизация образования.* Демократизация – это одно из ведущих направлений развития современного образования. Демократизация образования строится на следующих принципах:

- самоорганизация учебной деятельности учащихся и студентов;
- сотрудничество педагогов и обучаемых;
- открытость образовательных учреждений;

- многообразие образовательных систем;
- регионализация образования;
- равные возможности в получении образования;
- общественно-государственное управление.

Демократизация должна способствовать реализации права каждого человека на образование, независимо от его социального положения, пола, национальной, религиозной, расовой принадлежности.

*Интеграция образования.* В мировой школе всё большее распространение получает интегрированное обучение.

Основной задачей интегрированного обучения физики является ознакомление учащихся с основными явлениями, фактами соответствующих наук, формированием навыков, классификации и измерения изучаемых явлений, развитие научной интуиции. Кроме внутренней, осуществляется и внешняя интеграция, направленная на сближение систем образования различных стран и формирование единого мирового образовательного пространства.

Интеграцию обучения сегодня внедряют прежде всего на его первой ступени – в начальной школе. И начинают этот процесс с содержания начального образования, сущность которого заключается в том, что интеграция даёт возможность ребёнку воспринимать предметы и явления разносторонне и системно в целостном виде. По существу, интеграция обучения позволяет уже в начальной школе заложить основы целостного восприятия природы и общества и сформировать собственное отношение к законам их развития.

*Стандартизация образования.* Важным условием для достижения определённого качества образования являются образовательные стандарты. Стандартизация образования всегда осуществлялась в различных странах посредством разработки учебных планов и программ, установления

определённого уровня образования. ФЗ «Об образовании» предусмотрено, что государственными органами власти формируются образовательный минимум содержания основных образовательных программ, максимальный объём учебной нагрузки, требования к уровню подготовки выпускников.

*Информатизация и компьютеризация образования.* Становление информационно-технологической цивилизации обусловило процесс информатизации и компьютеризации образования. В образовательных учреждениях внедряются новые информационные технологии. Изменяется и само понятие обучения, осуществляется с помощью компьютерных моделей и программ, аудио-видео средств, так как продуктивное усвоение знаний сейчас невозможно без умения пользоваться информацией. Умение получать информацию является одним из компонентов функциональной грамотности современного человека.

Компьютерные технологии при проведении виртуального физического практикума развивают интеллектуальные способности школьников, способствуют более глубокому пониманию законов физики, повышают мотивацию изучения физики. В рамках нашего исследования данный подход является актуальным, его внедрение мы видим через организацию виртуального эксперимента в преподавании физики.

*Роль виртуального эксперимента в преподавании физики.* Всем известно, что в 90-е годы ослабела материально-техническая база многих школ. Но интерес к физике не пропал. Использование компьютера в качестве эффективного средства обучения существенно расширяет возможности педагогических технологий: физические компьютерные энциклопедии, интерактивные курсы, все возможные программы, виртуальные опыты и лабораторные работы позволяют повысить мотивацию учащихся к изучению физики. Преподавание физики, в силу особенностей самого предмета, представляет собой благоприятную почву для применения современных информационных технологий. Одним из основных направлений применения

информационных технологий на уроках физики – выполнение компьютерного физического лабораторного эксперимента [13]. Физический эксперимент на уроках физики формирует у учащихся накопленные ранее представления о физических явлениях и процессах, пополняет и расширяет кругозор учащихся. В ходе эксперимента, проводимого учащимися самостоятельно во время лабораторных работ, они познают закономерности физических явлений, знакомятся с методами их исследования, учатся работать с физическими приборами и установками, то есть учатся самостоятельно добывать знания на практике. Но для проведения полноценного физического эксперимента, как демонстрационного, так и фронтального необходимо иметь в достаточном количестве соответствующее оборудование. В настоящее время школьные физические лаборатории очень слабо оснащены приборами по физике и учебно-наглядными пособиями для проведения демонстрационных и фронтальных лабораторных работ. Исключением являются лишь немногие школы при вузах или технических центрах с соответствующими лабораториями. Имеющееся в школе оборудование не только пришло в негодность, оно также морально устарело и имеется в недостаточном количестве [1].

Виртуальные модели эксперимента компенсируют недостаток оборудования в лаборатории школы. Определяются достоинства и недостатки каждого вида эксперимента. Реальный и комбинированный эксперименты из-за значительных погрешностей измерений и большого количества времени на подготовку и проведение часто не могут служить источником знаний о физических законах, так как выявленные закономерности имеют лишь приближенный характер, зачастую правильно рассчитанная погрешность превышает сами измеряемые величины [13].

Разумеется, компьютерная лаборатория не может заменить настоящую физическую лабораторию. И все же выполнение компьютерных лабораторных работ требует определенных навыков, которые характерны и для реального

эксперимента – выбор начальных условий, установка параметров опыта и т.д. В большинстве интерактивных моделей предусмотрены варианты изменений в широких пределах начальных параметров и условий опытов, варьирования их временного масштаба, а также моделирования ситуаций, недоступных в реальных экспериментах. Виртуальная среда компьютера позволяет оперативно видоизменить постановку опыта, что обеспечивает значительную вариативность его результатов, а это существенно обогащает практику выполнения учащимися логических операций анализа и формулировки выводов результатов эксперимента. При его использовании можно вычленить главное в явлении, отсеять второстепенные факторы, выявить закономерности, многократно провести испытание с изменяемыми параметрами, сохранить результаты и вернуться к своим исследованиям в удобное время. Ещё один позитивный момент в том, что компьютер предоставляет уникальную, не реализуемую в реальном физическом эксперименте, возможность визуализации не реального явления природы, а его упрощенной теоретической модели, что позволяет быстро и эффективно находить главные физические закономерности наблюдаемого явления. Кроме того, учащийся может одновременно с ходом эксперимента наблюдать построение соответствующих графических закономерностей. Также необходимо учитывать, что далеко не все процессы, явления, исторические опыты по физике учащийся способен представить себе без помощи виртуальных моделей. Интерактивные модели позволяют ученику увидеть процессы в упрощенном виде, представить себе схемы установок, поставить эксперименты невозможные в реальной жизни.

Но следует помнить, физика – наука о природе, а не о виртуальной реальности. Физические модели – это всегда приближение к реальной действительности. Поэтому компьютерные эксперименты не могут быть заменой реальных, но могут дополнить их, помочь в их теоретическом осмыслении. Проводя такие эксперименты, стоит озадачить учащихся, обратив их внимание на то, что происходящие так реально на экране монитора



движения и взаимодействия тел – всего лишь модель реальных физических процессов. Каждое положение тела на экране рассчитывается компьютером по законам физики, открытыми людьми и изучаемыми в данный момент на уроке [6].

Применение виртуального эксперимента целесообразно для представления физических явлений, трудно воспроизводимых в реальном эксперименте. Компьютерное моделирование эксперимента повышает у студентов мотивацию к обучению и созданию моделей, позволяющих рассматривать физические процессы «изнутри», используя красивую графику, новейшее программное обеспечение.

Такой виртуальный эксперимент позволяет студентам самостоятельно вносить изменения в протекающие процессы и визуализировать принципиально ненаблюдаемых при эксперименте явления. Все это делает целесообразным включение в натурный физический эксперимент элементов компьютерного моделирования.

Натурные эксперименты, в том числе и демонстрационные, при всех их безусловных достоинствах обладают одним существенным недостатком - параметры натурального эксперимента имеют весьма ограниченный диапазон изменения в силу технических возможностей конкретного прибора, условий демонстрации опыта и иных причин. А виртуальный эксперимент в качестве дополнения к натурным опытам сможет частично компенсировать недостатки и физический износ имеющегося демонстрационного оборудования [13].

Школа будущего – это школа «информационного века». Главным в ней становится освоение каждым учеником самостоятельного, собственного знания, овладение способностями творческого самовыражения. Методика обучения физике всегда была сложнее методик преподавания других предметов. Использование компьютеров в обучении физики, применение новых информационных технологий, мультимедийных продуктов деформирует методику ее преподавания как в сторону повышения

эффективности обучения, так и в сторону облегчения работы учителя. Это будет еще одним шагом к повышению качества обучения школьников и в конечном итоге к воспитанию новой личности – ответственной, знающей, способной решать новые задачи, быстро осваивать и эффективно использовать необходимые для этого знания [4].

## **1.2. Применение информационных технологий в исследовательской деятельности учащихся**

Развитие современной системы образования учащихся характеризуется повышенным вниманием к внутреннему потенциалу обучающихся, созданием образовательной среды, способствующей творческому развитию школьника. В современных условиях обучения школьников необходим подход информатизация и компьютеризация образования, ориентированный на развитие интеллектуальной и информационной культуры школьника. Важнейшей частью и формой реализации подобного подхода является исследовательская деятельность учащихся, которая выступает как образовательная работа, связанная с решением творческих задач в области физики. В современной российской школе большая часть знаний преподносится в готовом виде и не требует дополнительных поисковых усилий и основной трудностью для учащихся является самостоятельный поиск информации, добывание знаний. Поэтому одним из важнейших условий повышения эффективности учебного процесса является организация учебной исследовательской деятельности и развитие её основного компонента – исследовательских умений, которые не только помогают школьникам лучше справляться с требованиями ФГОС основного образования, но и развивают у них логическое мышление, создают внутренний мотив учебной деятельности в целом.

Исследовательская деятельность рассчитана на самостоятельность учащихся. Деятельность же учителя состоит в подготовке заданий, которые бы обеспечивали творческое применение знаний, в осуществлении консультативной помощи и контроля.

Анализ методической литературы по организации исследовательской деятельности учащихся показал, что существует несколько определений исследовательской деятельности. Мы будем придерживаться следующего определения исследовательской деятельности: *«Под исследовательской деятельностью школьников понимается такая форма организации воспитательно-образовательного процесса, при которой учащиеся ставятся в ситуацию, когда они сами овладевают понятиями и подходами к решению проблем в процессе познания, в большей или меньшей степени организованного (направляемого) учителем, решают творческие, исследовательские задачи с заранее неизвестным результатом (в различных областях науки, техники, искусства)»*(А.В. Леонтович,[12])

Условно можно выделить два вида исследовательской деятельности

Рисунок 1



Рис 1. Виды исследовательской деятельности

Научно-исследовательская деятельность-деятельность, направленная на получение и применение новых знаний, в том числе: фундаментальные научные исследования и прикладные научные исследования.

Учебно-исследовательская деятельность направлена на приобретение знаний, которые пока неизвестны школьникам, но известны ученым. При организации учебно-исследовательской деятельности обучающихся необходимо учитывать, что школьные исследования через виртуальный физический практикум, в отличие от научных, имеют ряд особенностей:

1. *Субъектами исследовательской работы при выполнении виртуального физического практикума являются учащиеся и учитель физики.*

2. *Исследования носят прикладной характер и направлены на формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся, повышение его результативности по одной, конкретной теме.*

3. *Итоги школьной исследовательской работы, как правило, не претендуют на выявление научных закономерностей и отличаются простотой оформления, что позволяет каждому автору попробовать свои силы и получить первый опыт подобной деятельности.*

В рамках нашего исследования остановимся на организации учебно-исследовательской деятельности учащихся, которая отражена в ФГОС основного образования. Форма организации такой деятельности может быть индивидуальная и групповая деятельность учащихся (Рисунок 2).

Рисунок 2

Формы организации учебно-исследовательской деятельности

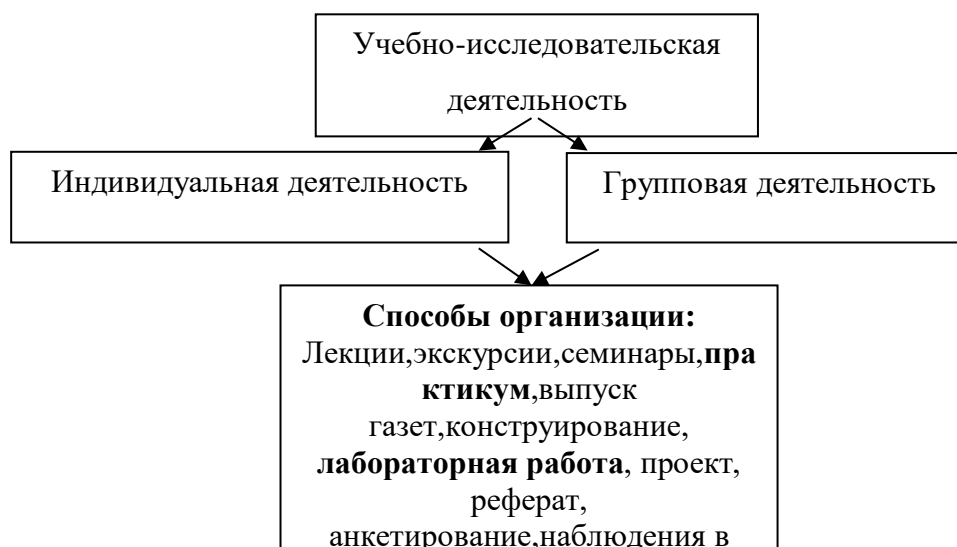


Рис. 2 Формы организации учебно-исследовательской деятельности

Рассмотрим способы организации учебно-исследовательской деятельности через результаты деятельности учащихся.

*Лекции, семинары, экскурсии* основаны на запоминании информации о знаниях и способах деятельности, предъявленной ученику в ходе обучения. К ним следует отнести и простейшие практические действия со знаниями или реальными объектами, образец которых предъявлялся и закреплялся в действиях учеников.

*Результаты* такой деятельности: выполнение заданий любой формы, предусмотренных требованиями учебной программы по физике.

*Практикум, выпуск газет, лабораторная работа, реферат, анкетирование* — это поиск скрытой, требующей перестройки информации в ситуациях, несколько измененных по сравнению с рассматриваемыми в учебном процессе, конкретизация обобщенных описаний деятельности, осмысление и поиск вариантов в выполнении учебных заданий.

*Результаты* деятельности: материалы учащихся, где описано выполнение заданий поискового характера, т. е. выполнено преобразование знаний из одной формы в другую, получен ответ на вопрос, требующий расширения и переноса знаний в другую ситуацию, проявлено умение использовать мыслительные операции сравнения, проведения аналогий, обобщение.

*Проект, конструирование, наблюдения в природе* проявляется в исследовательской активности ученика, в его способности осознать цели и разработать план их достижения, это процесс решения учебно-

исследовательских задач, требующий самостоятельного переконструирования и расширения своей системы знаний по физике.

*Результаты* деятельности учащихся: материалы, где описан проект выполнения задания творческого характера, найден субъективно новый способ действия, сконструирована модель явления или технического устройства, предложен свой вариант исследовательской работы, высказано оценочное суждение и т.д.

На наш взгляд одним из эффективных способов реализации универсальных учебных действий является учебно-исследовательская деятельность при выполнении виртуального физического практикума.

Для формирования учебно-исследовательской деятельности учащихся необходимо разобрать критерии оценивания этой деятельности в соответствии с требованиями ФГОС и примерными программами по физике.

Рассмотрим *состав и содержание универсальных учебных действий учащихся*. Возникновение понятия «универсальные учебные действия (УУД)» связано с изменением парадигмы образования: от цели – усвоения знаний, умений и навыков к цели – развития личности учащегося. В основе формирования УУД лежит «умение учиться», которое предполагает полноценное освоение всех компонентов учебной деятельности: познавательные и учебные мотивы; учебная цель; учебная задача; учебные действия и операции. «Умение учиться» выступает существенным фактором повышения эффективности освоения учащимися предметных знаний, умений и формирования компетенций, образа мира и ценностно-смысловых оснований личностного морального выбора.

Под универсальными учебными действиями принято понимать:  
– умение учиться, то есть способность субъекта к саморазвитию и самосовершенствованию путем сознательного и активного присвоения нового социального опыта;

– совокупность способов действия учащегося, обеспечивающих его способность к самостоятельному усвоению новых знаний и умений, включая организацию этого процесса.

*Универсальный характер УУД* проявляется том, что они:

- носят надпредметный, метапредметный характер;
- обеспечивают целостность общекультурного, личностного и познавательного развития и саморазвития личности;
- обеспечивают преемственность всех степеней образовательного процесса;
- лежат в основе организации и регуляции любой деятельности учащегося независимо от ее специально-предметного содержания;
- обеспечивают этапы усвоения учебного содержания и формирования психологических способностей учащегося.

Разработчиками ФГОС выделены основные виды универсальных учебных действий: *личностные* (самоопределение, смыслообразование и действие нравственно-этического оценивания); *регулятивные* (целеобразование, планирование, контроль, коррекция, оценка, прогнозирование); *познавательные* (общеучебные, логические и знаково-символические); *коммуникативные* универсальные учебные действия. [17, 19]

*Личностные УУД* обеспечивают ценностно-смысловую ориентацию обучающихся (умение соотносить поступки и события с принятыми этическими принципами, знание моральных норм и умение выделить нравственный аспект поведения) и ориентацию в социальных ролях и межличностных отношениях. Применительно к учебной деятельности следует выделить три вида личностных действий:

- личностное, профессиональное, жизненное самоопределение;
- смыслообразование, т.е. установление обучающимися связи между целью учебной деятельности и ее мотивом, другими словами, между результатом

учения и тем, что побуждает деятельность, ради чего она осуществляется. Ученик должен задаваться вопросом: *какое значение и какой смысл имеет для меня учение?* - и уметь на него отвечать.

- нравственно-этическая ориентация, в том числе и оценивание усваиваемого содержания (исходя из социальных и личностных ценностей), обеспечивающее личностный моральный выбор.

*Регулятивные УУД* обеспечивают обучающимся организацию своей учебной деятельности. К ним относятся:

- целеполагание как постановка учебной задачи на основе соотнесения того, что уже известно и усвоено учащимися, и того, что еще неизвестно;

- планирование – определение последовательности промежуточных целей с учетом конечного результата; составление плана и последовательности действий;

- прогнозирование – предвосхищение результата и уровня усвоения знаний, его временных характеристик;

- контроль в форме сличения способа действия и его результата с заданным эталоном с целью обнаружения отклонений и отличий от эталона;

- коррекция – внесение необходимых дополнений и коррективов в план и способ действия в случае расхождения эталона, реального действия и его результата; внесение изменений в результат своей деятельности, исходя из оценки этого результата самим обучающимся, учителем, товарищами;

- оценка – выделение и осознание обучающимся того, что уже усвоено и что еще нужно усвоить, осознание качества и уровня усвоения; оценка результатов работы;

- саморегуляция как способность к мобилизации сил и энергии, к волевому усилию (к выбору в ситуации мотивационного конфликта) и преодолению препятствий.

*Познавательные УУД* включают: *общеучебные, логические* учебные действия, а также постановку и решение проблемы.



*Общеучебные универсальные действия:*

- самостоятельное выделение и формулирование исследовательской цели;
- поиск и выделение необходимой информации; применение методов информационного поиска, в том числе с помощью компьютерных средств;
- структурирование знаний;
- осознанное и произвольное построение речевого высказывания в устной и письменной форме;
- выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий;
- рефлексия способов и условий действия, контроль и оценка процесса и результатов деятельности;
- смысловое чтение как осмысление цели чтения и выбор вида чтения в зависимости от цели; извлечение необходимой информации из прослушанных текстов различных жанров; определение основной и второстепенной информации; свободная ориентация и восприятие текстов художественного, научного, публицистического и официально-делового стилей; понимание и адекватная оценка языка средств массовой информации;
- постановка и формулирование проблемы, самостоятельное создание алгоритмов и деятельности при решении проблем творческого и поискового характера.

Особую группу общеучебных универсальных действий составляют:

*Знаково-символические действия:*

- моделирование – преобразование объекта из чувственной формы в модель, где выделены существенные характеристики объекта (пространственно-графическая или знаково-символическая);
- преобразование модели с целью выявления общих законов, определяющих данную предметную область.

*Логические универсальные действия:*

- анализ объектов с целью выделения признаков (существенных, несущественных);
- синтез – составление целого из частей, в том числе самостоятельное достраивание с восполнением недостающих компонентов;
- выбор оснований и критериев для сравнения, классификации объектов;
- подведение под понятие, выведение следствий;
- установление причинно-следственных связей, представление цепочек объектов и явлений; построение логической цепочки рассуждений, анализ истинности утверждений;
- доказательство;
- выдвижение гипотез и их обоснование.

*Постановка и решение проблемы:* формулирование проблемы; самостоятельное создание способов решения проблем творческого и поискового характера.

*Коммуникативные УУД* обеспечивают социальную компетентность и учет позиции других людей, партнеров по общению или деятельности, умение слушать и вступать в диалог; участвовать в коллективном обсуждении проблем; интегрироваться в группу сверстников и строить продуктивное взаимодействие и сотрудничество со сверстниками и взрослыми.

К коммуникативным действиям относятся:

- планирование учебного сотрудничества с учителем и сверстниками – определение цели, функций участников, способов взаимодействия;
- постановка вопросов – инициативное сотрудничество в поиске и сборе информации; - разрешение конфликтов – выявление, идентификация проблемы, поиск и оценка альтернативных способов разрешения конфликтов, принятие решения и его реализация;
- управление поведением партнера – контроль, коррекция, оценка его действий;

- умение с достаточной полнотой и точностью выражать свои мысли в соответствии с задачами и условиями коммуникации; владение монологической и диалогической формами речи в соответствии с грамматическими и синтаксическими нормами родного языка, современных средств коммуникации.

Учитывая вышесказанное, выделим УУД, которые формируются в процессе обучения физике:

- произвольно и осознанно владеть общим приемом решения учебных задач;
- использовать знаково-символические средства, в том числе модели и схемы для решения учебных задач;
- уметь осуществлять анализ объектов с выделением существенных и несущественных признаков;
- уметь осуществлять синтез как составление целого из частей;
- уметь осуществлять сравнение, классификацию по заданным критериям;
- уметь устанавливать причинно-следственные связи;
- уметь строить рассуждения в форме связи простых суждений об объекте, его строении, свойствах и связях;
- владеть общим приемом решения учебных задач;
- создавать и преобразовывать модели и схемы для решения задач;
- уметь осуществлять выбор наиболее эффективных способов решения образовательных задач в зависимости от конкретных условий.

Выделим в рамках нашего исследования основные характеристики компонентов, формируемых УУД на уроках физики (Таблица 1)

Таблица 1

Компоненты формируемых УУД на уроках физики

*Личностные УУД*

личностное самоопределение, ценностно-смысловую ориентацию учащихся и нравственно-этическое оценивание (т.е. умение ответить на вопрос «Что такое хорошо, что такое плохо?»), смыслообразования (соотношение цели действия и его результата, т.е. умение ответить на вопрос «Какое значение, смысл имеет для меня учение?») и ориентацию в социальных ролях и межличностных отношениях

<i>знает/понимает</i>	<i>умеет</i>	<i>владеет</i>
<p>роль физики для развития других естественных наук, техники и технологий;</p> <p>смысл учения и понимает личную ответственность за будущий результат;</p> <p>понимает кто он в этом мире, свои сильные и слабые стороны, а также то, чем ему хотелось заниматься;</p>	<p>адекватно оценить себя и своих одноклассников;</p> <p>проводить анализ результатов собственной деятельности и своих одноклассников;</p>	<p>первоначальными представлениями о физической сущности явлений природы (механических, тепловых, электромагнитных и квантовых), видах материи (вещество и поле), движении как способе существования материи;</p> <p>понятийным аппаратом и символическим языком физики;</p> <p>умениями планировать в повседневной жизни свои действия с применением полученных знаний законов механики, электродинамики, термодинамики и тепловых явлений с целью сбережения здоровья;</p> <p>приемами самоанализа с целью поиска противоречий и недостатков собственной деятельности, поиска</p>

		способов их преодоления, а также предвидения последствий результатов этой деятельности
<i>Регулятивные УУД</i>		
целеполагание, планирование, корректировка плана		
<i>знает/понимает</i>	<i>умеет</i>	<i>владеет</i>
осознает то, что уже усвоено по определенной теме, разделу физики и что еще подлежит усвоению	составлять план действий; внести необходимые дополнения и коррективы в план и способ действия в случае необходимости; поставить учебную задачу на основе соотнесения того, что уже известно и освоено учащимся, и того, что еще неизвестно; перед тем, как начать действовать определить последовательность действий; адекватно реагировать на трудности и не боится сделать ошибку; использовать приобретенные знания и умения для решения практических задач;	навыками результирующего, процессуального и прогностического и самоконтроля; внутренним планом действий по изучению темы, раздела физики; умениями проводить физические наблюдения, планировать и выполнять физические эксперименты, выдвигать гипотезы и строить модели физических процессов, явлений; применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ; практического использования физических знаний; оценивать достоверность естественнонаучной информации;

*Познавательные УУД*

*общеучебные учебные действия* – умение поставить учебную задачу, домашний эксперимент, лабораторную работу, физический практикум и т.д. выбрать способы и найти информацию для ее решения, уметь работать с информацией, структурировать полученные знания

*логические учебные действия* – умение анализировать и синтезировать новые знания, устанавливать причинно-следственные связи, доказать свои суждения

*постановка и решение проблемы* – умение сформулировать проблему и найти способ ее решения

<i>знает/понимает</i>	<i>умеет</i>	<i>владеет</i>
<p>основные алгоритмы поиска физической информации;</p> <p>понятие проекта; понятие исследовательской деятельности по физике;</p>	<p>формулировать проблемы и решать их;</p> <p>составлять модель и преобразовывать её в случае необходимости;</p> <p>структурировать найденную информацию в нужной форме;</p> <p>выбрать наиболее подходящий способ решения проблемы, исходя из ситуации;</p> <p>устанавливать причинно-следственные связи между физическими явлениями, процессами и т.д.;</p> <p>проанализировать ход и способ учебных действий;</p> <p>осмысленно читать, извлекая нужную информацию, отбрасывая второстепенную информацию;</p>	<p>основными методами и приемами поиска и отбора наиболее значимой учебной информации;</p> <p>способами решения проблем;</p> <p>способами строить логическую цепь размышлений;</p> <p>может создавать устные и письменные высказывания;</p>

	вести поиск и выделять необходимую информацию; конкретизировать цели и задачи исследовательской и проектной деятельности по физике;	
<i>Коммуникативные УУД</i>		
умение вступать в диалог и вести его, различия особенности общения с различными группами людей		
<i>знает/понимает</i>	<i>умеет</i>	<i>владеет</i>
кто он в этом мире, свои сильные и слабые стороны; правила ведения дискуссии; приемы и средства публичного выступления	использовать компьютерную технику; вступать в диалог; сотрудничать с другими людьми в поиске необходимой информации; слушать и слышать; логически верно выражать свои мысли, приводить примеры и доказательства;	владеет первоначальными умениями передачи, поиска, хранения, преобразования, использования информации: умение работать с учебником, словарем, схемами, таблицами, иллюстрациями, каталогом, художественными и

	<p>строить высказывания в соответствии с задачами коммуникации; интегрироваться в группу сверстников</p>	<p>адаптированными научно-популярными текстами; адекватной самооценкой; навыками конструктивного ведения дискуссии на основе позитивного восприятия мнения оппонента; методами организации коллективной деятельности, аналитических суждений в процессе командной работы над разработкой и реализацией проекта</p>
--	--	--

Овладение универсальными учебными действиями, в конечном счете, ведет к формированию *способности самостоятельно* успешно усваивать новые знания, умения и компетентности, включая самостоятельную организацию процесса усвоения, т. е. *умение учиться*. Данная способность обеспечивается тем, что универсальные учебные действия – это *обобщенные* действия, открывающие возможность широкой *ориентации* учащихся, – как в различных *предметных* областях, так и в строении самой *учебной деятельности*, включая осознание учащимися ее целевой направленности, ценностно-смысловых характеристик. Таким образом, достижение «умения учиться» предполагает полноценное освоение всех компонентов учебной деятельности, которые включают: 1) познавательные и учебные *мотивы*, 2) учебную *цель*, 3) учебную *задачу*, 4) учебные *действия* и *операции* (ориентировка, преобразование материала, контроль и оценка). «Умение учиться» выступает существенным фактором повышения эффективности освоения учащимися предметных знаний, умений и формирования



компетенций, образа мира и ценностно-смысловых оснований личностного морального выбора. [13]

В результате изучения всех без исключения предметов на ступени начального общего образования у выпускников будут сформированы *личностные, регулятивные, познавательные и коммуникативные* универсальные учебные действия как основа умения учиться.

В *сфере личностных универсальных учебных действий* будут сформированы внутренняя позиция обучающегося, адекватная мотивация учебной деятельности, включая учебные и познавательные мотивы, ориентация на моральные нормы и их выполнение.

В *сфере регулятивных универсальных учебных действий* выпускники овладеют всеми типами учебных действий, направленных на организацию своей работы в образовательном учреждении и вне его, включая способность принимать и сохранять учебную цель и задачу, планировать её реализацию (в том числе во внутреннем плане), контролировать и оценивать свои действия, вносить соответствующие коррективы в их выполнение.

В *сфере познавательных универсальных учебных действий* выпускники научатся воспринимать и анализировать сообщения и важнейшие их компоненты — тексты, использовать знаково-символические средства, в том числе овладеют действием моделирования, а также широким спектром логических действий и операций, включая общие приёмы решения задач.

В *сфере коммуникативных универсальных учебных действий* выпускники приобретут умения учитывать позицию собеседника (партнёра), организовывать и осуществлять сотрудничество и кооперацию с учителем и сверстниками, адекватно воспринимать и передавать информацию, *отображать предметное содержание и условия деятельности в сообщениях, важнейшими компонентами которых являются тексты.*

Важнейшей задачей современной системы образования является формирование универсальных учебных действий, обеспечивающих

школьникам умение учиться, способность к саморазвитию и самосовершенствованию. Качество усвоения знаний определяется многообразием и характером видов универсальных действий. Приведённая классификация конкретизирует и уточняет довольно обширное понятие «универсальные учебные действия», что позволяет более целенаправленно вести работу по их формированию и развитию в процессе обучения физике учащихся.

Универсальные учебные действия являются инструментом овладения любого учебного материала. Важно обратить внимание на работу по их формированию и развитию с самого начала школьной жизни. Ученики ещё в начальной школе стоят на этапе элементарной грамотности. Необходимо не упустить момент и создать такие условия для ученика, чтобы он с самого начала обучения усвоил алгоритмы, правила, приёмы, с помощью которых можно было сделать школьную жизнь насыщенной и интересной. Формирование универсальных учебных действий на уроках физики – специальная педагогическая задача и цель работы учителя начальных классов.

Для школы это означает отказ от ориентации на освоение учащимися суммы знаний как основного результата школьного образования и формирование универсальных учебных действий, общественно-значимого ценностного отношения к знаниям, развитие познавательных и творческих способностей и интересов.

Формирование способности и готовности учащихся реализовывать универсальные учебные действия позволит повысить эффективность образовательного процесса.

Методом развития универсальных учебных действий обучающихся, а также оптимизации процесса саморазвития и общественно ценной самореализации личности является исследовательская деятельность школьников, непосредственное руководство которой относится к одному из

видов педагогического взаимодействия. В нем максимально раскрываются возможности сотрудничества, соавторства, сотворчества.

## **ГЛАВА 2. Методика организации виртуального лабораторного практикума по курсу «Атомная физика»**

### **2.1. Моделирование организации виртуального физического практикума**

#### **Применение компьютерных моделей в процессе обучения**

Физика является одной из первых наук, в которой эксперимент использовался для получения новых знаний и проверки научных теорий. Но после появления компьютеров и применения информационных технологий в образовании, грань между теоретической и экспериментальной физикой стала менее отчетливой, так как возник новый вид эксперимента – виртуальный физический эксперимент.

Существует несколько подходов к созданию виртуальных лабораторных работ:

1. Виртуальные лабораторные работы разрабатываются с применением различных языков программирования (Delphi, Pascal, JavaScript и т. д.). Преимуществом данного подхода является максимальная конкретизация конечного продукта к изучаемой дисциплине. Отрицательной стороной является большая трудоемкость разработки программного продукта.

2. Виртуальные лабораторные работы разрабатываются с применением современных инструментальных средств. Это наиболее эффективный и перспективный подход, позволяющий в сжатый срок разработать комплекс виртуальных лабораторных работ. Скорость разработок обусловлена наличием большого количества готовых средств для моделирования, интерфейсного и информационного наполнения [9].

Подготовка и проведение лабораторных работ требуют от преподавателя знаний некоторых методических особенностей, в значительной степени зависящих от наличия тех или иных приборов и инструментов.

В основу классификации в системе отношений "учитель – виртуальная лаборатория – ученик" можно положить характер модели (терминология позаимствована из химического анализа), который во многом определяет подходы к использованию:

*Качественная* – явление или опыт, обычно сложные или невыполнимые в условиях учебного заведения, последовательно воспроизводится на экране при управлении пользователем (от анимации или видео отличается использованием элементов управления, что приближает к интерактивному видео).

*Полуколичественная* – в виртуальной лаборатории моделируется опыт, и изменение отдельных характеристик (например, положение ползунка реостата в электрической цепи) вызывает изменения в работе установки, схемы, устройства (к этому типу относятся также имитационные стенды [2], на которых нужно предварительно "собрать" установку или схему).

*Количественная* (параметрическая) – в модели численно заданные параметры изменяют зависящие от них характеристики или моделируют явления (ввод значений скорости и направления движения тела позволяет получить график с траекторией и рядом рассчитанных характеристик).

Уточное использование виртуальных лабораторных работ по отношению к реальным может быть таким:

- Демонстрационное (перед реальной работой) использование: показать фронтально, с большого экрана монитора или через мультимедийный проектор последовательность действий реальной работы; предпочтительны реалистичные качественные и полуколичественные модели.
- Обобщающее (после реальной работы) использование: фронтальный режим (демонстрация, уточнение вопросов, формулирование выводов и закрепление рассмотренного) или индивидуальный (математическая сторона экспериментов, анализ графиков и цифровых

значений, изучение модели как способа отражения и представления реальности; предпочтительны количественные, параметрические модели).

- Экспериментальное (вместо реальной работы) использование: индивидуальное (в малых группах) выполнение заданий в виртуальной лаборатории без выполнения реальной работы, компьютерный эксперимент. Может выполняться как с реалистичными полуколичественными 3D-моделями, так и с параметрическими. Также, экспериментальное – выполнение работ расширяющее уже выполненную натурную работу, т. к. легко меняются даже такие параметры, которые практически невозможно поменять в натурной работе (например, в лабораторной работе «Изучение внешнего фотоэффекта» – в экспериментальной установке невозможно изменить материал фотокатода, а в виртуальной – запросто).

Потенциал такого применения виртуальных практикумов высок.

Исследование полуколичественной модели (и количественной, параметрической с неявной математической основой) представляет собой нетривиальную задачу, в которую вовлекаются разнообразные умения: планировать эксперимент, выдвигать или выбирать наиболее разумные гипотезы о связи величин, явлений, свойств, параметров, делать выводы на основе экспериментальных данных, формулировать задачи.

Особенно важным и целесообразным является умение указывать границы (область, условия) применимости научных моделей, включая изучение того, какие аспекты реального явления компьютерная модель воспроизводит удачно, а какие оказываются за гранью моделируемого.

Эффективность применения компьютерных моделей на уроках определяется также стилем, авторским почерком, нетривиальностью педагогического мышления применяющего их учителя, его готовностью к инновационной деятельности, индивидуализации и дифференциации обучения. Конечно, есть группы обучаемых, заданные внешней

дифференциацией (например, обучающиеся на дому или экстерном, дистанционно, дети с особыми потребностями), для которых лабораторные работы в компьютерном курсе могут быть очень удачным (иногда – единственно возможным) решением. Конечно же требуют разработки приемы направленного применения таких работ [11].

#### *Как осуществлять анализ и сравнение*

1. Анализ — логический прием, с помощью которого мы мысленно расчленяем предметы, явления, выделяя отдельные их части, свойства.

2. Сравнение — логический прием, с помощью которого устанавливается сходство и различие предметов, явлений объективного мира.

3. Сравнить нужно такие предметы, явления, которые в действительности имеют какие-то связи друг с другом.

4. Правильность любого сравнения определяется тем, что берется за основу сравнения.

5. Сравнение двух или нескольких предметов надо производить по одному и тому же признаку.

6. Всякое сравнение необходимо осуществлять по таким признакам, которые имеют наиболее важное, существенное значение для сравниваемых предметов.

#### *Как правильно наблюдать и описывать наблюдаемые явления, процессы*

1. Осмыслите цель наблюдения, а для этого поставьте перед собой вопрос: для чего проводится наблюдение?

2. Уточните предмет наблюдения. В связи с этим поставьте перед собой вопрос: что надо наблюдать?

3. Наблюдение проводите по заранее разработанному плану. Для этого представьте его мысленно или предварительно запишите в тетради.

4. До начала наблюдения определите, когда будете фиксировать

наблюдаемые явления: в процессе наблюдения или сразу же по его окончании.

5. Выберите способ наблюдения. Наблюдать можно прямым способом, т. е. непосредственно визуально, или косвенным способом, т. е. при помощи приборов (фотоаппарат, магнитофон и т. д.).

6. Наблюдение, как и эксперимент, необходимо производить несколько раз. Это повышает его объективность.

7. При описании явления, процесса обращайтесь внимание не только на то, как они протекали во времени, но и при каких условиях.

8. Помните, что цель описания — указать наиболее точно и полно характерные признаки наблюдаемых предметов, явлений.

9. Описание наблюдаемых явлений, процессов может быть выражено в словесной форме, представлено аналитически — в виде формул и уравнений, графически — в виде рисунков, схем.

*Как сформулировать экспериментальную задачу, уточнить цель  
эксперимента*

1. Мысленно сформулируйте (пусть вначале недостаточно четко) отношения между неизвестными и данными, между данными и возможными условиями эксперимента. Для этого поставьте перед собой вопросы: Что дано? Что нужно экспериментально проверить, получить? Каковы возможные условия выполнения эксперимента?

2. Попробуйте на время отвлечься от излишних представлений. Сведите задачу, цель эксперимента к одному вопросу. Сформулируйте его.

3. Уточните словесную формулировку задачи. Запишите ее в тетради, максимально используя физические понятия, величины и т. д.

4. Нельзя ли сформулировать задачу иначе, проще, точнее?

5. Проанализируйте, конкретно ли сформулированы вами задачи. Для этого на основе записи содержания задачи ответьте на следующие вопросы: достаточно ли данных? Или данных слишком много? Выполнено ли условие? Возможно ли такой эксперимент, о котором речь идет в задаче, выполнить?



### *Как выдвигать и проверять гипотезу*

1. Гипотезой называется предположение, которым пользуются для объяснения каких-либо явлений, но достоверность которых еще не доказана опытным путем.

2. Помните, что выдвинуть гипотезу — это значит сформулировать предположение о наиболее вероятных причинах вновь наблюдаемых фактов, явлений или предсказать наиболее вероятный ход и результаты эксперимента.

3. Поэтому нужно в первую очередь проанализировать и уточнить, что может быть причиной того или иного явления, а что следствием

4. Всякая гипотеза находится в определенной связи с имеющимися знаниями (с известной вам теорией, законом, правилом, ранее решенной задачей и т. д.).

5. Логический путь выдвижения гипотезы может быть различным:

а) индуктивный путь: от наблюдения единичных фактов, явлений → к выдвижению гипотезы → к последующим индуктивным обобщениям;

б) дедуктивный путь: от применения известных теорий, законов, правил для объяснения наблюдаемых явлений, фактов → к выдвижению гипотезы → экспериментальной проверке гипотезы.

6. При индуктивном пути выдвижения гипотезы относительно причины, которая может вызвать наблюдаемое явление, насколько это возможно, используйте умозаключение по аналогии.

7. При дедуктивном пути выдвижения гипотезы соотнесите ваши прежние знания с вновь наблюдаемыми фактами и явлениями.

8. Иногда бывает полезно вначале выдвинуть все возможные гипотезы, а затем на основе критического анализа отобрать из них наиболее правдоподобную. (Это правило известно как «метод мозгового штурма».)

9. Не бойтесь думать «рискованно», избегайте шаблона в своих рассуждениях.

10. В случае затруднения при выдвижении гипотезы освободите вашу задачу от излишних представлений, сведите ее к простейшему вопросу.

11. Иногда бывает полезным поставить перед собой и ответить на следующие вопросы: Что неизвестно? Какие условия являются необходимыми и достаточными, чтобы наблюдать новое явление? Нельзя ли из рассмотрения отбросить часть условий, часть того, что дано?

12. Проверить гипотезу — это значит установить, что следствия, которые из нее должны вытекать, действительно совпадают с наблюдаемыми явлениями, с результатами эксперимента.

13. Проверая гипотезу, необходимо показать, что она не противоречит другим, ранее установленным законам.

#### *Как осуществлять абстрагирование*

1. Абстрагирование — логический прием, с помощью которого мы мысленно выделяем существенные признаки предметов, явлений и отвлекаем их от несущественных, второстепенных. Результат абстрагирования называется абстракцией.

2. В абстрагировании чаще всего можно выделить следующие этапы:

- а) анализ определенной совокупности предметов и явлений с целью вычленения признаков, их характеризующих;
- б) сравнение различных признаков предметов, явлений;
- в) обобщение необходимых и достаточно существенных признаков для данной группы явлений, предметов;
- г) уточнение перечня несущественных признаков;
- д) формулировка выводов.

3. Возможен и несколько иной путь:

- а) использование уже имеющихся знаний о признаках понятий, которые имеют непосредственное отношение к изучаемым предметам и явлениям;

- б) сравнение существенных признаков ранее известного понятия с вновь изучаемым предметом, явлением;
- в) выделение общих существенных признаков;
- г) уточнение перечня несущественных признаков;
- д) формулировка вывода.

### *Как составлять план проведения эксперимента*

1. Уточните, и насколько это возможно, конкретизируйте конечную цель проведения эксперимента. Для этого еще раз осмыслите искомое условие и требование задачи (задания).
2. Вычлените промежуточные цели проведения эксперимента. Для этого мысленно разбейте задачу на частные подзадачи.
3. Мысленно (представьте все возможные варианты проведения эксперимента).
4. Выберите из всех возможных вариантов проведения эксперимента наиболее рациональный:
  - а) с точки зрения возможности получить наиболее точный результат при использовании минимума приборов и материалов;
  - б) с точки зрения минимальной затраты времени.
5. Запись плана эксперимента должна быть по возможности краткой, отражающей лишь его основные этапы.
6. Предусмотрите, какие таблицы, рисунки, схемы вам необходимо будет выполнить в процессе эксперимента.
7. Продумайте, когда и что вам придется измерить в процессе эксперимента, а что можно вычислить после его выполнения.
8. Продумайте и предусмотрите в плане приемы и средства самоконтроля, которые могут быть вами использованы.

9. При составлении плана, если это возможно и необходимо по условию задачи (задания), предусмотрите и используйте взаимопомощь и взаимоконтроль.

10. После составления плана проанализируйте его еще раз. Для этого представьте работу: а) от начала до конца; б) от конца к началу.

11. Помните, что хорошо составленный план должен обладать определенной гибкостью, т. е. возможностью определенной перестройки ваших действий в случае затруднения при его реализации.

*Как рациональнее использовать в эксперименте время и средства  
деятельности*

1. При составлении плана, если экспериментальная задача может быть решена различными способами, предпочтение должно быть отдано тому способу, по которому за минимальное время может быть получен наиболее надежный и точный результат.

2. При составлении плана эксперимента стремитесь наилучшим образом распределить время на каждый этап его выполнения, уделив больше времени наиболее сложным и трудным этапам.

3. Стремитесь провести эксперимент, используя минимальное количество приборов и материалов.

4. Рационально используйте поверхность стола при подготовке установки к эксперименту.

5. Используйте вспомогательные приспособления, например подставки, зажимы, штативы и т. д.

6. Подумайте, какие физические процессы в эксперименте можно ускорить, а какие необходимо замедлить.

7. При выполнении задания следите за временем. Укладываетесь ли вы в график времени, предусмотренный планом? Не расходуете ли время на пустые разговоры с товарищем по парте?

8. Помните, что время выполнения задания удастся сократить, если:

а) совместить выполнение некоторых этапов, например, следить за ходом изменения температуры и строить графики, рассчитывать погрешности и т.д.;

б) не дублировать работы товарища.

9. В случае неисправности прибора необходимо или быстро ее устранить или попросить преподавателя заменить прибор другим.

10. За помощью к преподавателю обращайтесь только в случае особого затруднения.

#### *Как осуществлять самоконтроль*

1. Определите в вашей работе места, где наиболее вероятно появление ошибки. (Продумайте, что может повлиять на точность измерения: прибор, скорость протекания физического явления, выбор единицы измерения и т. д.).

2. Продумайте еще при составлении плана эксперимента, с помощью каких средств возможно предотвращение ошибки (можно ли использовать табличные и справочные данные, паспортные данные прибора, результаты другого опыта).

3. Подумайте, нельзя ли один и тот же результат получить различными способами?

4. Чаще анализируйте правдоподобность полученного результата, его размерность.

5. Не ограничивайтесь одним измерением, одним опытом.

6. Сочетайте самоконтроль с взаимоконтролем.

#### *Как подобрать приборы и материалы для эксперимента*

1. Вначале, насколько это возможно, определите по условию и требованию экспериментальной задачи, какие приборы и материалы понадобятся. Составьте их предварительный перечень.

2. Затем уточните этот перечень, проанализировав:

а) схему установки и условия ее работы;

- б) все этапы выполнения плана предстоящего эксперимента;
- в) все то, что вам предстоит наблюдать и измерять.

3. Для того чтобы окончательно установить правильность выбранного прибора, необходимо с целями и условиями эксперимента соотнести:

- а) название прибора;
- б) назначение прибора;
- в) принцип действия прибора;
- г) предел измерения шкалы прибора;
- д) цену деления шкалы прибора;
- е) правила пользования прибором;
- ж) условия эксплуатации прибора;
- з) правила техники безопасности в работе с прибором.

4. Для того чтобы окончательно установить правильность выбранного материала, необходимо с целями и условиями эксперимента соотнести:

- а) название материала;
- б) назначение материала;
- в) основные физические и химические свойства материала;
- г) допустимый предел изменения основных свойств материала;
- д) условия, в которых данный материал может быть использован;
- е) правила техники безопасности в работе с материалом.

#### *Как оформлять результаты эксперимента*

1. Оформление результатов эксперимента начинается с записи даты проведения эксперимента и его названия.

2. Далее следует, насколько это возможно и необходимо, конкретизировать цель эксперимента.

3. Пункт, перечисляющий приборы и материалы, хорошо начать так: «В опытах были использованы приборы и материалы ...»

4. Отчет должен быть по возможности кратким, в безличной форме и в прошедшем времени, например: «Линзы передвигались, пока не получилось четкое изображение».

5. Перед тем как приступить к опыту, необходимо подготовить таблицу для записи результатов измерений и вычислений. Таблицу лучше выполнить от руки карандашом на той же странице, где будет начерчен график.

6. Численные величины с точным указанием единиц измерения должны быть занесены сразу же после их нахождения в заранее подготовленную таблицу. Без единиц измерения результат не имеет смысла.

7. Насколько это возможно, в ваших записях должны использоваться схемы установок (например, электрические схемы), схематические рисунки приборов и установок в действии.

8. Где это целесообразно, результаты должны быть представлены в виде графиков. Графическое изображение позволяет лучше осмыслить физическую сущность полученных результатов в целом.

9. Нумерация этапов выполнения задания должна соответствовать нумерации вопросов задания.

10. Записи, вычисления, графики, таблицы, схемы должны выполняться так, чтобы было понятно, с какой целью это было сделано, как сделано и что из этого получилось.

11. Стремитесь оформление результатов вести быстро и аккуратно.

*На что следует обращать внимание при построении и чтении графиков*

1. Связь, каких величин представляется на графике.
2. В каких единицах измерения указаны значения физических величин.
3. В каких пределах изменяются аргумент и функции.
4. Какой масштаб применен на осях координат.

5. Какие значения функции соответствуют тем или иным значениям аргумента, и наоборот.

6. Необходимо учесть разброс экспериментальных точек, являющихся результатом приближенного характера данных, полученных в ходе измерения физических величин.

7. Каков характер функциональной зависимости, представленной графически.

8. Каковы специфические особенности рассматриваемой функциональной зависимости.

9. Каков физический смысл, как отдельных участков, так и всего графика в целом.

*Как обсудить задание и распределить обязанности*

1. Прочтите внимательно содержание задания и уясните: что дано, что требуется найти (определить, сделать), каковы условия и возможные средства достижения цели.

2. Каждый, не перебивая друг друга, выскажите:

а) как вы поняли задание;

б) какова ваша идея (общий замысел) выполнения задания.

3. Дайте краткое обоснование предложенного вами способа выполнения задания.

4. Сравните все возможные способы выполнения задания и отберите наиболее рациональный. Иногда задание целесообразно выполнять несколькими способами и на отдельных этапах осуществлять взаимопомощь и взаимоконтроль.

5. Примите коллективное решение: каким способом или какими способами целесообразно выполнять задание.

6. Предусмотрите, на каких этапах выполнения задания вам необходимы взаимопомощь и взаимоконтроль.



7. Распределите между собой обязанности. Если возможно, разбейте задание на логически завершенные части. Если нет, то постарайтесь, чтобы каждый член группы выполнял задание разным способом.

Методика реализации формирования учебно-исследовательской деятельности при организации виртуального физического практикума «Атомная физика» проектируется на основе формирования и развития исследовательской деятельности учащихся. Это требует разработки комплексного планирования деятельности учителя физики.

Процесс планирования состоит из последовательности действий:

1. Составление пояснительной записки, в которой определены цели, задачи, сформулированы требования к организации виртуального физического практикума;
2. Разработка содержания виртуального практикума (согласно примерной программы по физике и автор);
3. Составление специальной системы заданий, направленных на формирование учебно-исследовательских умений;
4. Подготовка содержания работ виртуального физического практикума и технического программного обеспечения.

Для формирования учебно-исследовательских умений нами разработан виртуальный физический практикум по теме «Атомная физика» (Таблица 2)

#### 1. Пояснительная записка

Таблица 3

Тема курса:	Атомная физика
Количество часов:	10 ( по 2 часа на лабораторную работу, всего 5 лабораторных работ)

Описание:	<p>Виртуальный физический практикум проводится по темам:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение внешнего фотоэффекта</li> <li>2. Комптоновское рассеяние</li> <li>3. Постулаты Бора</li> <li>4. Дифракция электронов</li> <li>5. Энергия связи ядер</li> </ol>
Цель и задачи виртуального физического практикума:	<p>Учим:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– уметь осуществлять анализ объектов с выделением существенных и несущественных признаков;</li> <li>– использовать знаково-символические средства, в том числе модели и схемы;</li> <li>– уметь осуществлять синтез как составление целого из частей;</li> <li>– уметь осуществлять сравнение, классификацию по заданным критериям;</li> <li>– уметь устанавливать причинно-следственные связи;</li> <li>– уметь строить рассуждения в форме связи простых суждений об объекте, его строении, свойствах и связях;</li> <li>– владеть общим приемом решения учебных задач;</li> </ul>
Предполагаемые результаты учащихся	<p>Научатся: анализировать, использовать знаково-символические средства, синтезировать, осуществлять сравнение, классифицировать, устанавливать причинно-следственные связи,</p>
Ресурсы и материалы	<p><u>Ресурсы:</u> Открытая Физика 2.6. Часть 2 Главы 5 и 6</p> <p>Оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Операционная система Microsoft® Windows® 2000/XP/Vista</li> <li>• Процессор Pentium® 500 МГц</li> <li>• 256 МБ оперативной памяти</li> <li>• 200 МБ свободного места на жестком диске</li> <li>• Разрешение экрана 800x600 с глубиной цвета 16 бит</li> <li>• Internet Explorer® 6.0 (есть на диске с программой)</li> <li>• Устройство для чтения компакт-дисков</li> </ul>

Ход работы:	Изучается теоретический материал, выполняется экспериментальное задание, используя методику выполнения работы, далее обрабатываются результаты измерения
-------------	--

2. Нами разработано 5 работ по теме «Атомная физика», каждая работа содержит: теоретический материал, экспериментальное задание, методику выполнения работы, обработку результатов измерения, контрольные вопросы. Приведем пример:

### *Комптоновское рассеяние*

#### *Теоретический материал*

Эффект Комптона – рассеяние электромагнитного излучения на свободном электроне, сопровождающееся уменьшением частоты излучения (открыт А. Комптоном в 1923 г.). В этом процессе электромагнитное излучение ведёт себя как поток отдельных частиц – корпускул (которыми в данном случае являются кванты электромагнитного поля - фотоны), что доказывает двойственную – корпускулярно-волновую – природу электромагнитного излучения. С точки зрения классической электродинамики рассеяние излучения с изменением частоты невозможно.

Комптоновское рассеяние – это рассеяние на свободном электроне отдельного фотона с энергией  $E = h\nu = hc/\lambda$  ( $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота электромагнитной волны,  $\lambda$  – её длина,  $c$  – скорость света) и импульсом  $p = E/c$ . Рассеиваясь на покоящемся электроне, фотон передаёт ему часть своей энергии и импульса и меняет направление своего движения. Электрон в результате рассеяния начинает двигаться. Фотон после рассеяния будет иметь энергию  $E' = h\nu'$  (и частоту) меньшую, чем его энергия (и частота) до рассеяния. Соответственно после рассеяния длина волны фотона  $\lambda'$  увеличится. Из законов сохранения энергии и импульса следует, что длина волны фотона после рассеяния увеличится на величину

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta),$$

(3.2.1)

где  $\theta$  – угол рассеяния фотона, а  $m_e c$  – масса электрона  $h/m_e c = 0.024 \text{ \AA}$  называется комptonовской длиной волны электрона.

Изменение длины волны при комptonовском рассеянии не зависит от  $\lambda$  и определяется лишь углом  $\theta$  рассеяния  $\gamma$ -кванта. Кинетическая энергия электрона определяется соотношением

$$E_e = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{m_e c^2}{2E_\gamma \sin^2 \frac{\theta}{2}}}.$$

Эффективное сечение рассеяния  $\gamma$ -кванта на электроне не зависит от характеристик вещества поглотителя. Эффективное сечение этого же процесса, рассчитанное на один атом, пропорционально атомному номеру (или числу электронов в атоме)  $Z$ .

Сечение комptonовского рассеяния убывает с ростом энергии  $\gamma$ -кванта:  $\sigma_k \sim 1/E_\gamma$ .

#### *Экспериментальное задание*

Запустите программу «Открытая физика 2.7». Выберите «Модель 5.2. Комptonовское рассеяние».

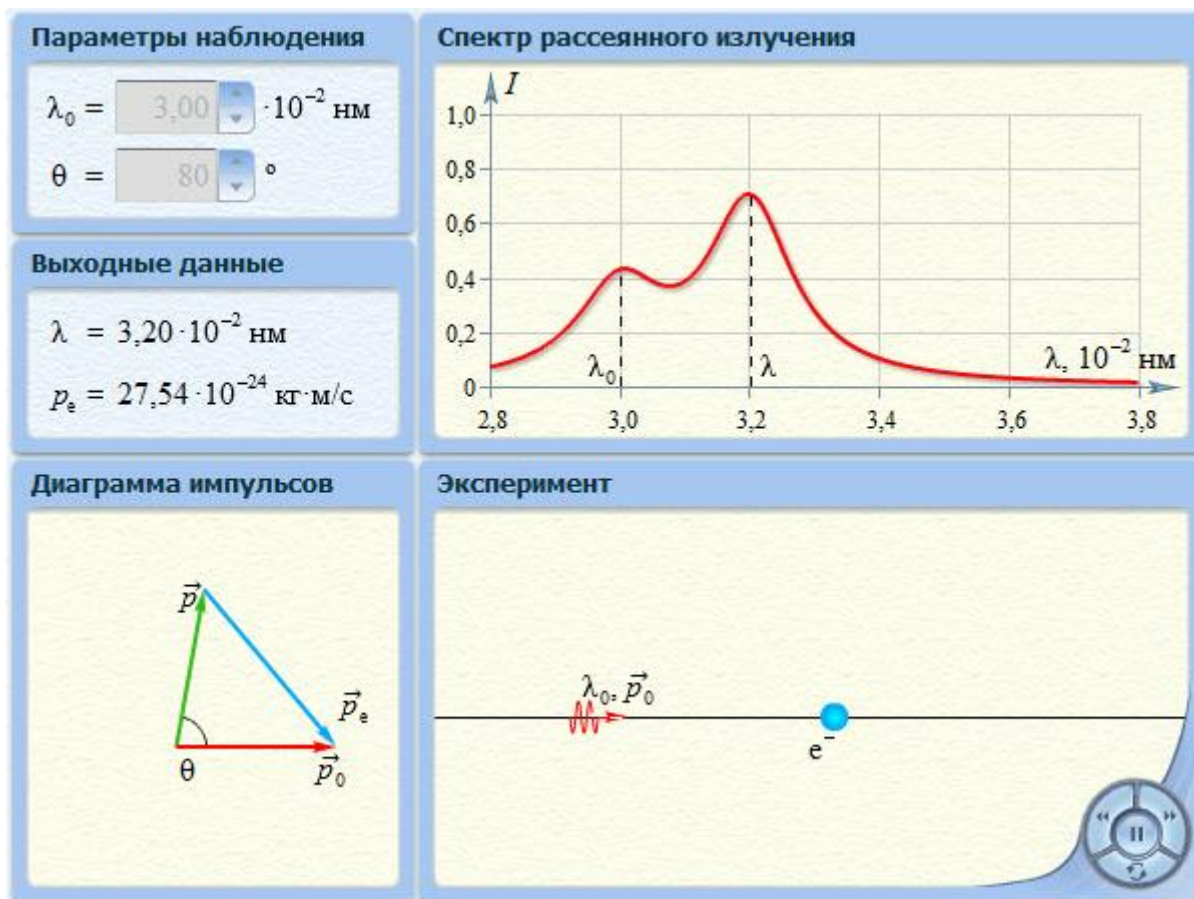


Рис. 3 Модель Комптоновского рассеяния

При выполнении компьютерного эксперимента можно изменять длину волны  $\lambda_0$  падающего излучения и угол  $\theta$  рассеяния фотона. На экран дисплея выводится график зависимости интенсивности  $I$  рассеянного излучения от длины волны при заданном угле рассеяния. На дисплее высвечиваются также значения длины волны  $\lambda$  центра смещенной линии и импульс отдачи электрона  $p_e$ . В правом верхнем окне строится диаграмма импульсов.

#### Методика выполнения работы

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора длины волны и установите значение длины волны из табл. 3, соответствующее номеру вашего варианта.
2. Аналогично установите значение угла рассеяния  $30^\circ$  из табл. 3

3. Нажмите мышью кнопку «Старт» и наблюдайте комптоновское рассеяние. Запишите в первую строку табл. 4 длину волны  $\lambda'$  рассеянного излучения (в окне эксперимента она обозначена, как  $\lambda$ ).
4. Изменяйте угол рассеяния в соответствии со значениями табл. 4.

Таблица 4

## Исходные данные

Номер варианта	$\lambda$ , нм
1	0,03
2	0,04
3	0,05
4	0,06

Таблица 5

## Результаты измерений и расчетов

Номер измерения	$\Theta$ , град.	$\lambda'$ , нм	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ , нм	$(1 - \cos\Theta)$
1	30			
2	45			
3	60			
4	90			
5	120			

6	160			
---	-----	--	--	--

### *Обработка результатов измерений*

1. Вычислите и запишите в табл.3 необходимые величины:  $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$  и  $(1-\cos\Theta)$ .
2. Постройте график зависимости изменения длины волны :  $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$  от разности  $(1-\cos\Theta)$ .
3. Определите по углу наклона графика значение комптоновской длины волны электрона

$$\frac{\Delta(\Delta\lambda)}{\Delta(1-\cos\Theta)} = \Lambda \quad (3.2.3)$$

4. Вычислите массу электрона, используя формулу для комптоновской длины волны.
5. Запишите ответ и проанализируйте ответ и графики.

### *Контрольные вопросы.*

1. Назовите эффекты, для исследования которых надо использовать модель рентгеновского излучения, как потока фотонов.
2. Каковы характеристики рентгеновского излучения до падения на вещество?
3. Как описывается рентгеновское излучение при его взаимодействии со свободными электронами вещества?
4. Какова модель процесса взаимодействия рентгеновского фотона со свободным электроном вещества?
5. Какие законы сохранения выполняются при взаимодействии фотона со свободным электроном в эффекте Комптона?
6. Чем отличается взаимодействие фотонов с электронами в эффекте Комптона и фотоэффекте?
7. Что такое комптоновская длина волны частицы?

8. Почему эффект Комптона не наблюдается при рассеянии фотонов на электронах, сильно связанных с ядром атома?
  9. Как меняется энергия фотона при его комптоновском рассеянии?
  10. Чему равно максимальное изменение длины волны рассеянного фотона и когда оно наблюдается?
3. В каждой работе разработаны специальные задания для формирования учебно-исследовательской деятельности, в которых учащимся предлагают проанализировать, установить связь, определить и т.д., например: «Определите красную границу фотоэффекта для всех возможных материалов катода, использованных в данной компьютерной модели», «Установите соответствие между работой в джоулях и электрон-вольтах», «Определите спектральную и интегральную чувствительность фотоэлемента»

## **2.2. Методические рекомендации по формированию учебно-исследовательской деятельности по теме «Атомная физика»**

Нами разработан виртуальный физический практикум по теме «Атомная физика», который содержит 5 лабораторных работ, согласно примерному методическому планированию.

### ***Изучение внешнего фотоэффекта***

#### *Теоретический материал*

Внешним фотоэффектом называется испускание электронов веществом под действием света. Это явление было открыто Г. Герцем в 1887 г. и впервые тщательно исследовано А.Г. Столетовым в 1880-1890 гг. Теория фотоэффекта была развита А. Эйнштейном в 1905 г. на основе квантовых представлений. Классическая волновая теория света оказалась неспособной объяснить закономерности этого явления.



Согласно квантовым представлениям свет излучается и поглощается отдельными порциями (**квантами**), энергия  $E$  которых пропорциональна частоте  $\nu$ :

$$E = h\nu \quad (3.1.1)$$

где  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка.

Чтобы вырвать электрон из вещества, нужно сообщить ему энергию, превышающую **работу выхода**  $A$ . Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона определяется согласно Эйнштейну уравнением:

$$h\nu = A + \frac{mV^2}{2} \quad (3.1.2)$$

Это уравнение объясняет основные закономерности фотоэффекта:

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от падающего светового потока.

Если между фотокатодом и анодом вакуумного фотоэлемента создать электрическое поле, тормозящее движение электронов к аноду, то при некотором значении **задерживающего напряжения**  $U_3$  анодный ток прекращается. Величина  $U_3$  определяется соотношением:

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = eU_3 \quad (3.1.3)$$

2. Количество электронов, вырываемых с поверхности металла в секунду, прямо пропорционально мощности светового потока  $P$ .

3. Если частота света меньше некоторой определенной для данного вещества минимальной частоты  $\nu_{min}$ , то фотоэффект не происходит («**красная граница фотоэффекта**»)

4. У щелочных металлов красная граница лежит в диапазоне видимого света.

Модель является компьютерным экспериментом по исследованию закономерностей внешнего фотоэффекта. Можно изменять значение

напряжения  $U$  между анодом и катодом фотоэлемента и его знак, длину волны  $\lambda$  в диапазоне видимого света и мощность светового потока  $P$ .

В эксперименте можно определить красную границу фотоэффекта и найти работу выхода материала фотокатода. Можно измерить запирающий потенциал  $U_3$  для различных длин волн и определить постоянную Планка  $h$ .

### Экспериментальное задание

Запустите на вашем компьютере программу «Открытая физика 2.7 часть 2». Выберите в окне «Содержание» кнопку «Модели». В данной лабораторной работе мы будем использовать модель 5.1 «Фотоэффект». Схема экспериментальной установки для изучения фотоэффекта представлена на экране компьютера.

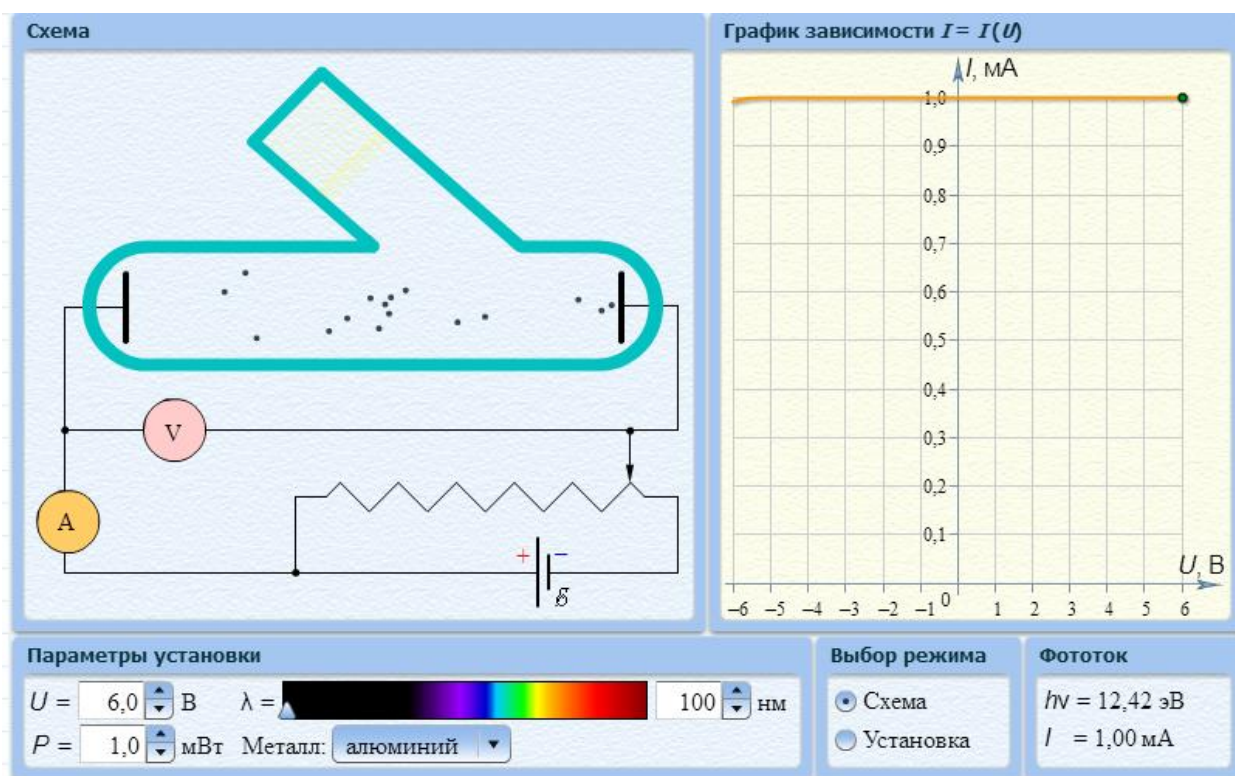


Рис. 4 Схема для исследования ВАХ фотоэлемента

К электродам прикладывалось некоторое напряжение  $U$ , полярность которого можно изменять с помощью двойного ключа. Один из электродов (катод К) через кварцевое окошко освещается монохроматическим светом некоторой длины волны  $\lambda$ , и при неизменном световом потоке снималась сила

фототока  $I$  от приложенного напряжения. Здесь же изображены типичные кривые зависимости. Внизу помещены регуляторы: напряжения на электродах, мощности осветителя, изменения длины волны света, материала катода и табло значений энергии кванта и фототока.

### ***Методика выполнения работы***

Выберите мощность излучателя света 1 мВт. В качестве материала катода выберите материал, соответствующий вашему варианту из табл. 1. Изменяя длину волны осветителя, проведите моделирование. Рассчитайте частоту света, определите запирающее напряжение для этой частоты и занесите данные в табл. 2.

Таблица 6

Номер варианта	Материал катода
1	Железо
2	никель
3	ртуть
4	цезий

Таблица 7

$\lambda$ , нм	100	120	150	170	210	260	300
$h\nu$ , эВ							
$\nu \cdot 10^{14}$ , Гц							
$U_3$ , В							

Постройте график зависимости запирающего напряжения от частоты света. Проведите анализ и определите характер этой зависимости. Рассчитайте значение постоянной Планка.

Определите красную границу фотоэффекта для всех возможных материалов катода, использованных в данной компьютерной модели. Рассчитайте работу выхода  $A$ . Установите соответствие между работой в джоулях и электрон-вольтах. Выразите работу выхода в электрон-вольтах (эВ).

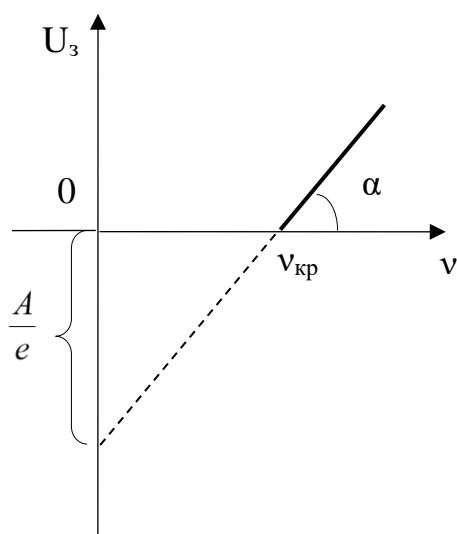


Рис. 5

Определите спектральную и интегральную чувствительность фотоэлемента.

Как видно из выражения (3.1.3), зависимость  $U_3(\nu)$  является линейной (рис 3.1.2). Это позволяет, построив экспериментальную прямую  $U_3 = U_3(\nu)$  для исследуемого диапазона частот, экстраполировать ее для другой области, чтобы получить дополнительную информацию. Так, экстраполяция прямой до пересечения с осью ординат на рис.4.3 позволяет определить потенциал выхода  $\varphi_{вых}$ , точка пересечения прямой с осью абсцисс дает граничную частоту  $\nu_{cp}$ , т.е. красную границу фотоэффекта.

## *Контрольные вопросы*

1. Что такое работа выхода? Как она связана с работой вещества?
2. Что такое запирающий потенциал?
3. Что такое «красная граница» фотоэффекта?
4. Зависит ли фототок от интенсивности света?
5. Как изменяется кинетическая энергия электронов при приближении к «красной границе» фотоэффекта?

## *Комптоновское рассеяние*

### *Теоретический материал*

Эффект Комптона – рассеяние электромагнитного излучения на свободном электроне, сопровождающееся уменьшением частоты излучения (открыт А. Комптоном в 1923 г.). В этом процессе электромагнитное излучение ведёт себя как поток отдельных частиц – корпускул (которыми в данном случае являются кванты электромагнитного поля - фотоны), что доказывает двойственную – корпускулярно-волновую – природу электромагнитного излучения. С точки зрения классической электродинамики рассеяние излучения с изменением частоты невозможно.

Комптоновское рассеяние – это рассеяние на свободном электроне отдельного фотона с энергией  $E = h\nu = hc/\lambda$  ( $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота электромагнитной волны,  $\lambda$  – её длина,  $c$  – скорость света) и импульсом  $p = E/c$ . Рассеиваясь на покоящемся электроне, фотон передаёт ему часть своей энергии и импульса и меняет направление своего движения. Электрон в результате рассеяния начинает двигаться. Фотон после рассеяния будет иметь энергию  $E' = h\nu'$  (и частоту) меньшую, чем его энергия (и частота) до рассеяния. Соответственно после рассеяния длина волны фотона  $\lambda'$  увеличится. Из законов сохранения энергии и импульса следует, что длина волны фотона после рассеяния увеличится на величину

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta),$$

(3.2.1)

где  $\theta$  – угол рассеяния фотона, а  $m_e c$  – масса электрона  $h/m_e c = 0.024 \text{ \AA}$  называется комптоновской длиной волны электрона.

Изменение длины волны при комптоновском рассеянии не зависит от  $\lambda$  и определяется лишь углом  $\theta$  рассеяния  $\gamma$ -кванта. Кинетическая энергия электрона определяется соотношением

$$E_e = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{m_e c^2}{2E_\gamma \sin^2 \frac{\theta}{2}}}. \quad (3.2.2)$$

Эффективное сечение рассеяния  $\gamma$ -кванта на электроне не зависит от характеристик вещества поглотителя. Эффективное сечение этого же процесса, рассчитанное на один атом, пропорционально атомному номеру (или числу электронов в атоме)  $Z$ .

Сечение комптоновского рассеяния убывает с ростом энергии  $\gamma$ -кванта:  $\sigma_k \sim 1/E_\gamma$ .

### *Экспериментальное задание*

Запустите программу «Открытая физика 2.7». Выберите «Модель 5.2. Комптоновское рассеяние».

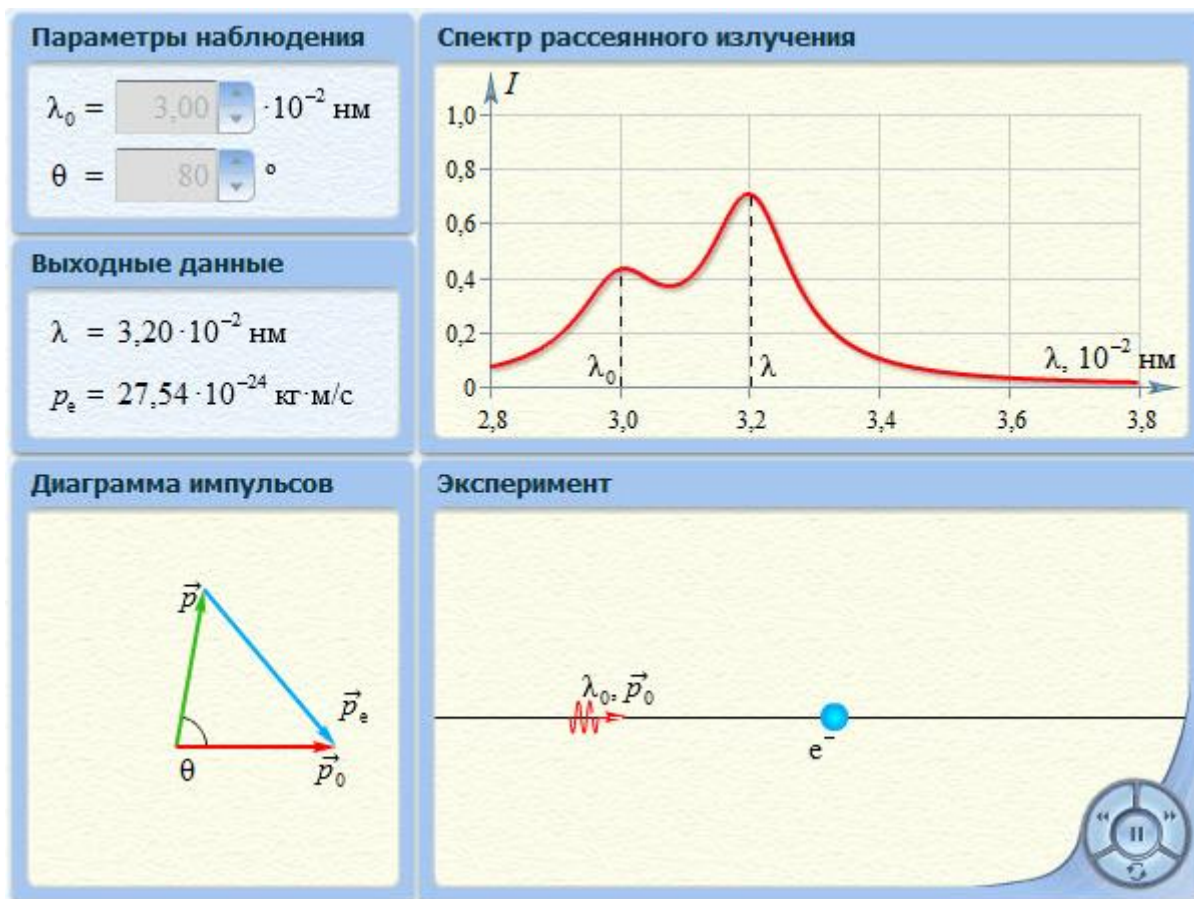


Рис. 5 Модель Комптоновского рассеяния

При выполнении компьютерного эксперимента можно изменять длину волны  $\lambda_0$  падающего излучения и угол  $\theta$  рассеяния фотона. На экран дисплея выводится график зависимости интенсивности  $I$  рассеянного излучения от длины волны при заданном угле рассеяния. На дисплее высвечиваются также значения длины волны  $\lambda$  центра смещенной линии и импульс отдачи электрона  $p_e$ . В правом верхнем окне строится диаграмма импульсов.

#### Методика выполнения работы

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора длины волны и установите значение длины волны из табл. 3, соответствующее номеру вашего варианта.
2. Аналогично установите значение угла рассеяния  $30^\circ$  из табл. 3

3. Нажмите мышью кнопку «Старт» и наблюдайте комптоновское рассеяние. Запишите в первую строку табл. 4 длину волны  $\lambda'$  рассеянного излучения (в окне эксперимента она обозначена, как  $\lambda$ ).
4. Изменяйте угол рассеяния в соответствии со значениями табл. 4.

Таблица 6

## Исходные данные

Номер варианта	$\lambda, \text{нм}$
1	0,03
2	0,04
3	0,05
4	0,06

Таблица 7

## Результаты измерений и расчетов

Номер измерения	$\Theta$ , град.	$\lambda'$ , нм	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ , нм	$(1 - \cos\Theta)$
1	30			
2	45			
3	60			
4	90			
5	120			



6	160			
---	-----	--	--	--

### *Обработка результатов измерений*

1. Вычислите и запишите в табл.3 необходимые величины:  $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$  и  $(1-\cos\Theta)$ .
2. Постройте график зависимости изменения длины волны :  $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$  от разности  $(1-\cos\Theta)$ .
3. Определите по углу наклона графика значение комптоновской длины волны электрона

$$1. \frac{\Delta(\Delta\lambda)}{\Delta(1-\cos\Theta)} = \Lambda$$

(3.2.3)

4. Вычислите массу электрона, используя формулу для комптоновской длины волны.
5. Запишите ответ и проанализируйте ответ и графики.

### *Контрольные вопросы.*

1. Назовите эффекты, для исследования которых надо использовать модель рентгеновского излучения, как потока фотонов.
2. Каковы характеристики рентгеновского излучения до падения на вещество?
3. Как описывается рентгеновское излучение при его взаимодействии со свободными электронами вещества?
4. Какова модель процесса взаимодействия рентгеновского фотона со свободным электроном вещества?
5. Какие законы сохранения выполняются при взаимодействии фотона со свободным электроном в эффекте Комптона?

6. Чем отличается взаимодействие фотонов с электронами в эффекте Комптона и фотоэффекте?
7. Что такое комптоновская длина волны частицы?
8. Почему эффект Комптона не наблюдается при рассеянии фотонов на электронах, сильно связанных с ядром атома?
9. Как меняется энергия фотона при его комптоновском рассеянии?
10. Чему равно максимальное изменение длины волны рассеянного фотона и когда оно наблюдается?

### ***Постулаты Бора***

#### *Теоретический материал*

Спектр атома водорода всегда привлекал внимание исследователей своей относительной простотой. Наиболее удивительным обстоятельством были **целые числа** в эмпирической формуле Бальмера для волновых чисел  $\nu_{nn'}$  в спектральных сериях атома водорода

$$\nu_{nn'} = \frac{1}{\lambda_{nn'}} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad (3.3.1)$$

где  $R$  - постоянная Ридберга,  $n$  и  $n'$  целые числа;  $n' = n + i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$  номер линии в серии начиная с *головной линии, имеющей наибольшую (в серии) длину волны*. После открытия электрона и ядра атома задача об атоме водорода стала принципиальной задачей физики атома, ибо атом водорода является единственным в природе атомом, о котором можно сказать точно: в этом атоме один электрон движется в кулоновском поле одного положительного ядра, зависимость потенциала от расстояния  $r$  до ядра точно известна:  $e/r$ . Именно в силу этого обстоятельства спектр излучения атома водорода стал эффективным полигоном для испытания различных

физических моделей и теорий, начиная с атома Бора и первых попыток квантовой механики и кончая современной квантовой электродинамикой.

Бор в своей полуклассической теории объяснил формулу Бальмера ценой введения правила квантования момента импульса атома, постулатов о стационарных состояниях атома и частоте излучения при переходах между ними.

Учет движения ядра в атоме позволил с большой точностью вычислить постоянную Ридберга в формуле Бальмера и показал, что различные изотопы должны иметь спектральные линии, отличающиеся по длине волны - **изотопический сдвиг**.

Развитие экспериментальной техники позволило обнаружить **тонкую структуру** спектральных линий атома водорода. Она была объяснена учетом релятивистской зависимости массы электрона от его скорости и введением принципиально новой характеристики электрона - собственного **момента импульса** (спина) и собственного (спинового) **магнитного момента**. Теория тонкой структуры вводит в задачу новый вид взаимодействия - **спин-орбитальное взаимодействие** и приводит к одинаковой энергии электрона в состояниях с одинаковыми главным квантовым числом  $n$  и квантовым числом полного момента импульса  $j$ .

Однако, Лэмб и Ризерфорд показали, что уровень  $2s_{1/2}$  смещен вверх (имеет более высокую энергию) относительно уровня  $2p_{1/2}$ . Этот «**лэмбовский сдвиг**» обусловлен взаимодействием электрона с вакуумом. Вакуум, согласно современным представлениям, соответствует такому квантовому состоянию материи, в котором отсутствуют реальные частицы и электромагнитные кванты. Это состояние описывается таким образом, что пространство оказывается заполненным виртуальными (еще не рожденными) частицами и «нулевыми колебаниями» электромагнитного поля. Взаимодействием с ними и обусловлен лэмбовский сдвиг.

**Сверхтонкая структура спектральных линий** обусловлена взаимодействием полного (суммы спинового и орбитального) магнитного момента электрона с магнитным моментом ядра.

Наконец, **конечный размер протона** и связанное с ним отклонение от закона Кулона, приводит к еще более мелкомасштабному сдвигу уровней энергии атома. Перечисленные взаимодействия приводят к расщеплению спектральных линий следующих порядков величин (в порядке перечисления):

$$\begin{aligned} \lambda : \lambda_{\text{изсдв.}} : \Delta \lambda_{\text{тонк.стр.}} : \Delta \lambda_{\text{лэмб.}} : \\ : \Delta \lambda_{\text{сверх.тонк.}} : \Delta \lambda_{\text{кон.разм}} \approx \\ \approx 1 : \frac{m}{M} : \alpha^2 : \alpha^3 : \alpha^2 \frac{m}{M} : \alpha^2 \left( \frac{m}{M} \right)^2, \end{aligned} \quad (3.3.2)$$

здесь  $m$  - масса электрона,  $M$  - масса протона,  $\alpha = e^2 / \hbar c = 1/137$  - постоянная тонкой структуры, определяющая иерархию взаимодействий и расщеплений в атоме.

### Спектральные серии.

Спектральная серия возникает при разрешенных излучательных квантовых переходах с различных возбужденных уровней энергии  $n'$  на один и тот же конечный уровень  $n$  ( $n < n'$ ) и сходится к границе серии при  $n' \rightarrow \infty$ . Теория Бора (см. [1], § 107) дает следующее выражение для частоты спектральной линии атома водорода:

$$\hbar \omega_{n' \rightarrow n} = E_{n'} - E_n = \frac{m e^4}{2 \hbar^2} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad (3.3.3)$$

где  $\hbar$  - постоянная Планка,  $\omega_{n' \rightarrow n}$  - циклическая частота излучения;  $E_{n'}$ ,  $E_n$  - верхний и нижний уровни энергии;  $m$ ,  $e$  - масса и заряд электрона. Для

каждой спектральной серии число  $n$ , определяющее нижний уровень серии, постоянно, а число  $n'$ , определяющее верхний уровень, равно  $n' = n + i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$  - номер линии в серии. Переходам на различные нижние уровни соответствуют различные спектральные серии:

- $n = 1$  - серия Лаймана;
- $n = 2$  - серия Бальмера;
- $n = 3$  - серия Пашена;
- $n = 4$  - серия Брэккетта;
- $n = 5$  - серия Пфунда;
- $n = 6$  - серия Хэмфри;
- $n = 7$  - серия Хансена-Стронга;

Величина

$$Ry = \frac{m e^4}{2 \hbar^2}, \quad (3.3.4)$$

имеющая размерность энергии, носит название «ридберг» (в честь шведского спектроскописта Ридберга) и равна  $Ry = 13,6$  эВ; это энергия перехода с самого нижнего уровня  $n = 1$  на уровни  $n \rightarrow \infty$  - энергия связи электрона в атоме водорода. Спектроскопическая постоянная Ридберга  $R$  связана с энергией  $Ry$  следующим образом

$$Ry = 2 \pi \hbar c R. \quad (3.3.5)$$

Эмпирическое значение постоянной Ридберга для атома водорода есть  $R = 109677 \text{ см}^{-1}$ . Как видно из (3.3.4) все спектральные серии атома водорода имеют одинаковую структуру - головная линия в серии ( $i = 1$ ) имеет наибольшую (в этой серии) длину волны

$$\frac{1}{\lambda_r} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right); \quad (3.3.6)$$

линии сходятся к конечному пределу при  $i \rightarrow \infty$ :  $\frac{1}{\lambda_\infty} = \frac{R}{n^2}$ .

Вид спектральной серии изображен на рис. 1.

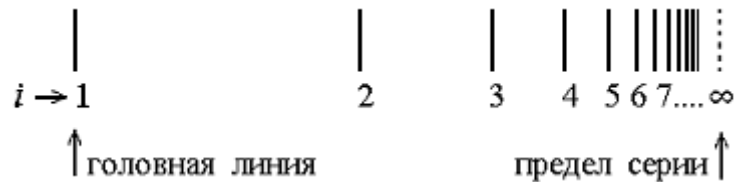


Рис. 6 Вид спектральной серии атома водорода.

Важной задачей эксперимента является установление номера нижнего уровня -  $n$ . Методика эмпирического определения номера нижнего уровня следующая. Записав формулу Бальмера (2) в виде

$$\frac{1}{\lambda_{ni}} = R D_i(n); \quad D_i(n) = \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+i)^2} \right), \quad (3.3.7)$$

получим выражение для отношения двух длин, не содержащее постоянной Ридберга:

$$\frac{\lambda_{ni'}}{\lambda_{ni}} - \frac{D_i(n)}{D_{i'}(n)} = F_{ii'}(n) = 0 \quad . \quad (3.3.8)$$

Рассматривая левую часть соотношения (3.3.8) как функцию непрерывной переменной  $n$ , приходим к выводу - **номер нижнего уровня  $n$  есть корень уравнения  $F_{ii'}(n) = 0$**  для любой пары спектральных линий  $i, i'$  одной серии. Уравнения (3.3.8) могут быть решены численно, графически и т.д. После определения номера нижнего уровня постоянная Ридберга вычисляется по формуле:

$$R = \frac{l}{\lambda_{ni} D_i(n)} ; \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (3.3.9)$$

*Экспериментальное задание*

**Задание 1. Изучение квантовых постулатов Н. Бора.**

На экране монитора изображена теоретическая модель атома водорода с изображением его энергетических уровней.

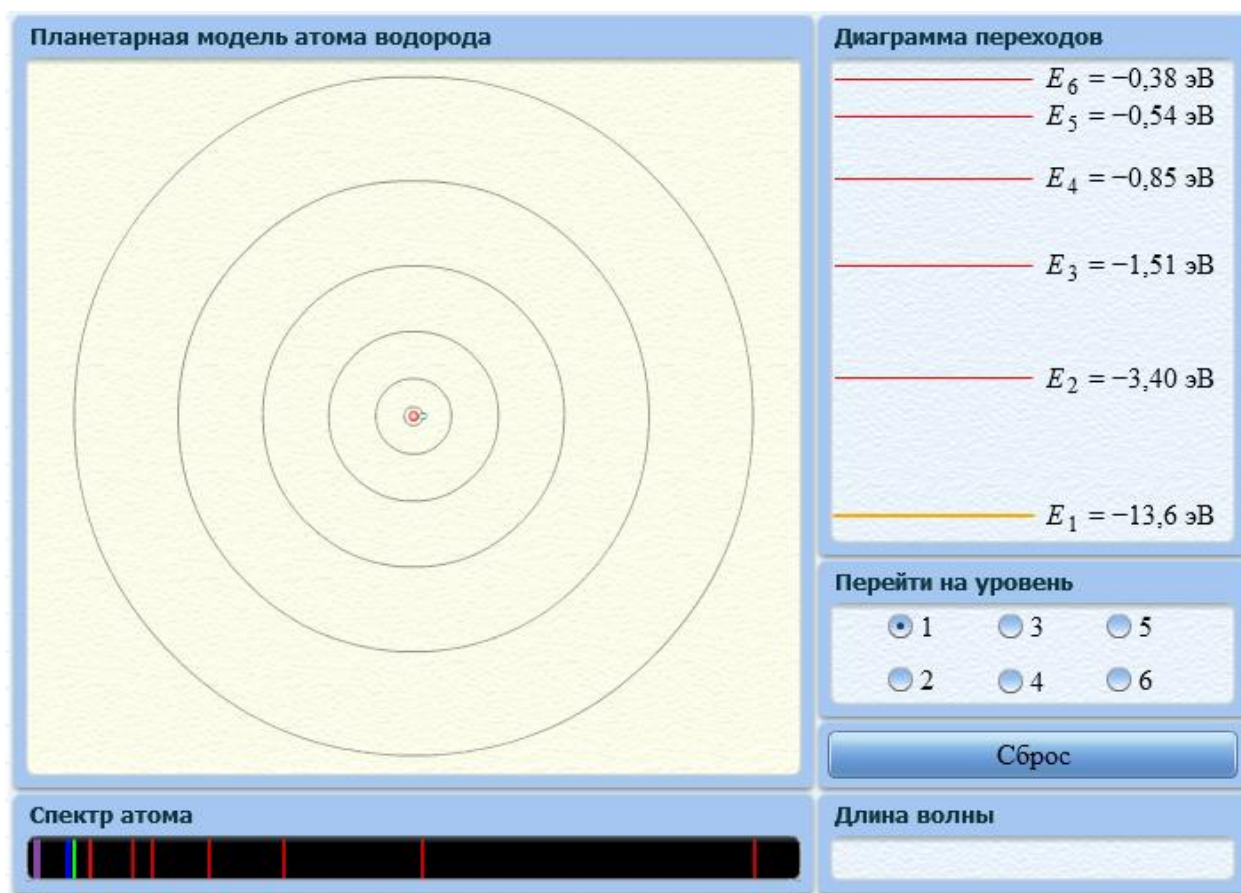


Рис. 7 Модель. Постулаты Бора

Компьютерная модель является иллюстрацией постулатов Бора в применении к круговым орбитам атома водорода. Модель позволяет исследовать переходы между несколькими низшими орбитами атома водорода, сопровождающиеся излучением или поглощением фотона определенной частоты или длины волны. Указываются длины волн соответствующих переходов. Некоторые спектральные линии,

расположенные в диапазоне видимого света, изображены цветными полосками. Это линии соответствуют переходам на вторую стационарную орбиту с более удаленных орбит (так называемая серия Бальмера). Ультрафиолетовые линии условно изображены синими полосками, линии инфракрасной части спектра – красными полосками. В правом верхнем углу экрана изображена схема энергетических уровней атома водорода, на которой стрелками изображаются переходы между уровнями энергии, то есть переходы между стационарными орбитами.

#### *Методика выполнения работы*

1. Сколько стационарных уровней изображено на экране? Совершите квантовый переход с первого стационарного уровня на второй, а затем на третий и так далее до шестого. В каких случаях идет поглощение фотона, а в каких – его излучение?
2. Повторите действия пункта 1. Совершая переходы на различные уровни, определите наиболее короткую длину волны из всего возможного спектра излучения атома. Какому виду излучений она соответствует?
3. Повторите действия пункта 1. Определите наибольшую длину волны из всего возможного спектра излучения. Какому виду излучений она соответствует?

#### **Задание 2. Изучение спектра излучений атома водорода.**

1. Определите, используя формулу Ридберга (3.3.9), длину волны  $\lambda$  всех линий в ультрафиолетовой серии излучений атома водорода. Переходам на какое квантовое число  $m$  эта серия линий соответствует? Запишите данные длины волн (в нм) в табл. 5.
2. Осуществите переходы на первый стационарный уровень атома и запишите значения каждой полученной при этом длины волны  $\lambda'$  в табл. 5. Сравните значения полученных длин волн в пункте 1. Сделайте вывод о соответствии этих значений вашим результатам.



3. Определите длины волн  $\lambda''$  по формуле (4.4), используя значения энергий каждого стационарного уровня (в эВ). Результаты запишите в табл. 4. Также сделайте вывод о соответствии этих значений значениям на экране.
4. Повторите пункты 1-3 для световой серии Бальмера и инфракрасной серии Пашена. Результаты запишите в табл. 5.
5. Вычислите постоянную Ридберга для водорода, используя серии Лаймана и Пашена.
6. Постройте (в масштабе) энергетическую диаграмму первых 10 уровней атома водорода (выбор нулевого уровня энергии на ваше усмотрение). Выделите на диаграмме (желательно цветом) серии Лаймана, Пашена, Броккета, Пфунда.

Таблица 8

m	n	$\lambda, \text{нм}$	$\lambda', \text{нм}$	$\lambda'', \text{нм}$
1				
2				
3				

*Контрольные вопросы.*

1. Расскажите о планетарной модели атома. Каковы примерные масштабы атома и его ядра?

2. Как решены противоречия планетарной модели атома в рамках квантовой теории?
3. Сформулируйте квантовые постулаты Бора.
4. На какие серии линий подразделяются спектры атомных излучений?
5. Сформулируйте закон Ридберга, которому подчиняется спектр излучения атома водорода.
6. Поставьте в соответствие главным квантовым числам серии излучений атома водорода.
7. По каким причинам теория атома по Н. Бору называется полуклассической?

### *Дифракция электронов*

#### *Теоретический материал*

Свет обладает как волновыми, так и корпускулярными свойствами. Волновые свойства проявляются при распространении света (интерференция, дифракция). Корпускулярные свойства проявляются при взаимодействии света с веществом (фотоэффект, излучение и поглощение света атомами). Свойства фотона как частицы (энергия  $E$  и импульс  $p$ ) связаны с его волновыми свойствами (частотой  $\nu$  и длиной волны  $\lambda$ ) соотношениями

$$E = h\nu; \quad p = h\nu/c = h/\lambda, \quad (3.4.1)$$

где  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка.

Французский физик де Бройль в 1924 г. высказал предположение, что сочетание волновых и корпускулярных свойств присуще не только свету, но и любому материальному телу. Согласно де Бройлю, каждому телу массой  $m$ , движущемуся со скоростью  $v$ , соответствует волновой процесс с длиной волны

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (3.4.2)$$

(нерелятивистское приближение  $v \ll c$ ).

Наиболее отчетливо волновые свойства проявляются у элементарных частиц. Это происходит потому, что из-за малой массы частиц длина волны оказывается сравнимой с расстоянием между атомами в кристаллических решетках. В этом случае при взаимодействии пучка частиц с кристаллической решеткой возникает дифракция.

Для иллюстрации волновых свойств частиц часто используют мысленный эксперимент – прохождение пучка электронов (или других частиц) через щель шириной  $\Delta x$ . С точки зрения волновой теории при дифракции на щели пучок будет уширяться с угловой расходимостью  $\theta \geq \lambda/\Delta x$ . С корпускулярной точки зрения уширение пучка после прохождения щели объясняется появлением у частиц некоторого поперечного импульса. Разброс значений этого поперечного импульса («неопределенность») есть

$$\Delta p_x \approx p\theta \geq (\lambda/\Delta x)p = h/\Delta x. \quad (3.4.3)$$

Соотношение  $\Delta p_x \cdot \Delta x \geq h$  носит название соотношения неопределенностей. Это соотношение на корпускулярном языке выражает наличие волновых свойств у частиц.

Эксперимент по прохождению пучка электронов через две близко расположенные щели может служить еще более яркой иллюстрацией волновых свойств частиц. Этот эксперимент является аналогом оптического интерференционного **опыта Юнга**.

Подлетая к экрану со щелями, частицы взаимодействуют с ним как волны де Бройля. Поведение частиц в пространстве между экраном со щелями и фотопластинкой описывается в квантовой физике с помощью  $\Psi$ -функций. Квадрат модуля пси-функции определяет вероятность обнаружения частицы в том или ином месте. Таким образом, попадание частиц в различные точки фотопластинки есть вероятностный процесс. Компьютерная модель позволяет продемонстрировать этот процесс.

В случае одиночной щели модель иллюстрирует соотношение неопределенностей, которое является следствием двойственной природы частиц.

### Экспериментальная часть

Запустите программу «Открытая физика 2.7». Выберите «Модель 5.4. Дифракция электронов».

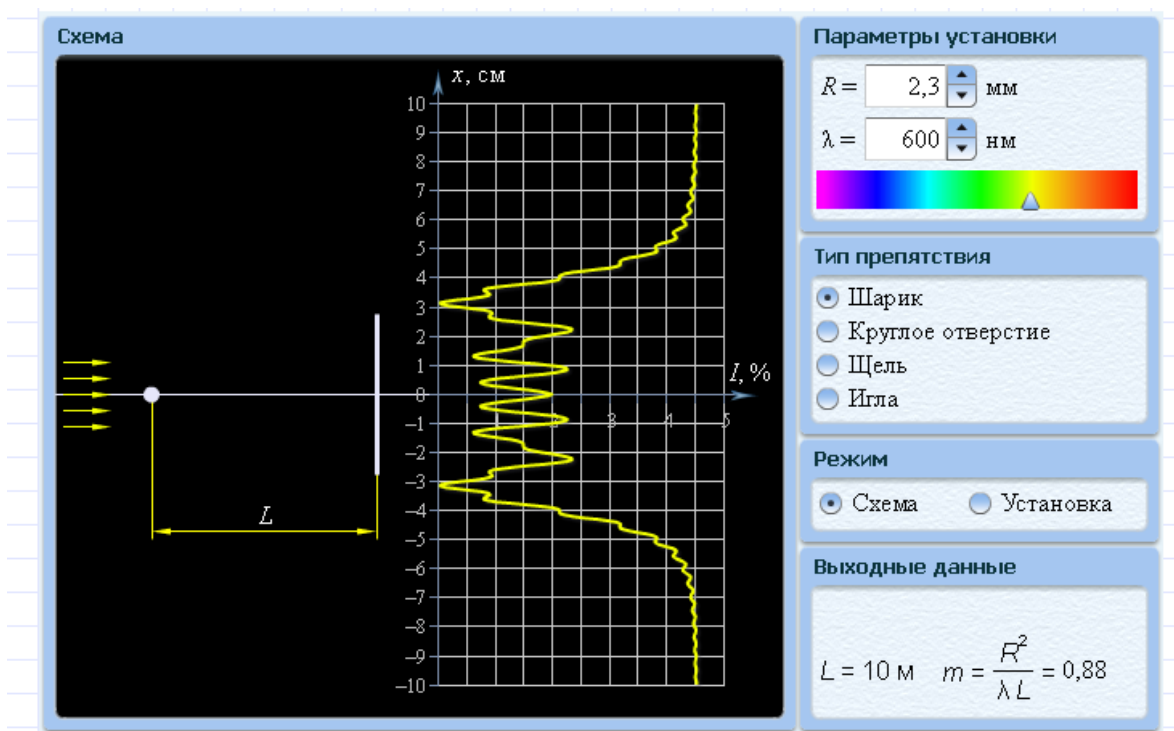


Рис. 7 Модель дифракции электронов.

В компьютерной модели можно изменять период решетки  $d$  и скорость электронов  $v$ , которая определяет длину волны  $\lambda$  де Бройля. В правой части экрана возникает усредненное за длительное время распределение числа электронов, попадающих в разные точки фотопластинки. Это распределение совпадает с кривой распределения интенсивности света при дифракции на одномерной решетке.

В центре экрана моделируется вероятностный процесс попадания отдельных электронов на фотопластинку. При длительном наблюдении на

фотопластинке проявляются не только главные максимумы, но также и относительно слабые побочные максимумы дифракционной картины

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора диаметра щели и установите значение диаметра щели из табл. 6, соответствующее номеру вашего варианта.
2. Установите значение длины волны  $\lambda=400$  нм из табл. 9
3. Запишите в табл. 6 координаты дифракционных максимумов.
4. Изменяйте диаметры щели в соответствие со значениями табл. 10.
5. Аналогично заполните табл. 8-10.

Таблица 9

Значения диаметра щели d

Номер варианта	1 эксперимент	2 эксперимент	3 эксперимент	4 эксперимент
1	2,0	3,4	4,9	6,3
2	2,3	3,7	5,2	6,6
3	2,7	4,1	5,6	6,8
4	3,0	4,5	5,9	7,0

Таблица 10

Координаты электронов дифракционных максимумов при длине волны  $\lambda=400$  нм (данные 1 эксперимента)

i	1	2	3	4	5	...
X, см						
I, %						

Таблица 11

Координаты электронов дифракционных максимумов при  $\lambda=500$  нм (данные 2 эксперимента)

i	1	2	3	4	5	...

X, см						
I, %						

Таблица 12

Координаты электронов дифракционных максимумов при  $\lambda=600$  нм

(данные 3 эксперимента)

i	1	2	3	4	5	...
X, см						
I, %						

Таблица 13

Координаты электронов дифракционных максимумов при  $\lambda=700$  нм

(данные 4 эксперимента)

i	1	2	3	4	5	...
X, см						
I, %						

### Контрольные вопросы

1. В чем состоит гипотеза де Бройля?
2. Выведете формулу для экспериментального определения длины волны, соответствующей электрону.
3. Какому условию удовлетворяет направление на максимум распределения интенсивности при дифракции электронов?
4. Что такое порядок дифракции?
5. В чем смысл соотношения неопределенностей Гейзенберга?
6. Какой смысл вкладывается в понятие «постоянная Планка»:
7. Почему мы не замечаем никаких проявлений волновых свойств у окружающих нас предметов?

### *Энергия связи ядер*

### Теоретический материал

Ядром называется центральная часть атома, которая имеет очень малый размер и в которой сосредоточена основная масса атома. Масса ядра в 2-4 тыс. раз больше, чем масса электронов, входящих в состав того же атома. В состав ядра входят частицы, называемые «нуклонами» (от слова «ядерные»).  $A$  – массовое число ядра, равное количеству нуклонов в данном ядре. Нуклоны подразделяют на протоны и нейтроны. Протоном называется нуклон, имеющий положительный заряд, равный элементарному.  $Z$  – зарядовое число ядра, равное количеству протонов в данном ядре. Символ протона «р». Заряд протона  $Q_p = +e$ , где  $e$  – элементарный заряд, равный  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. МАССА протона  $m_p = 1836 m_e$ , где масса электрона  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг. Протон обладает собственным моментом импульса - спином, модуль которого равен

$$|S_p| = h\sqrt{s_p(s_p + 1)}, \quad (3.5.1)$$

где  $s_p = \frac{1}{2}$  называется спиновым квантовым числом протона. Протон имеет магнитный момент:  $M_p = 2,79 M_{\text{Б.яд}}$ , где ядерный магнетон Бора равен

$$M_{\text{Б.яд}} = \frac{eh}{2m_p} \quad (3.5.2)$$

Нейтроном называется нуклон, не имеющий заряда (нейтральный – отсюда и название). Его символ «n». Заряд нейтрона  $Q_n = 0$ . Количество нейтронов в ядре

$$N = A - Z. \quad (3.5.3)$$

Масса нейтрона чуть больше массы протона  $m_n \approx m_p + 2,5 m_e$ .

Нейтрон – это тоже фермион (подчиняется принципу Паули), т.к. его спиновое квантовое число  $s_n = 1/2$ . Нейтрон имеет магнитный момент, несмотря на то, что он не заряжен  $M_n = -1,91 M_{\text{Б.яд}}$ . Отношение магнитных моментов нуклонов очень близко к отношению целых чисел:

$$\left| \frac{M_n}{M_p} \right| = \frac{2}{3} \quad (3.5.4)$$

Характеристики ядра в целом

Форма ядра близка к сферической (точнее, эллипсоид). Несферичность ядра не превышает 20%. Эмпирическая формула для расчета размера ядра, которая выполняется с достаточной точностью:

$$R = 1,3\sqrt[3]{A} * 10^{-15}\text{м} \quad (3.5.5)$$

Такая зависимость является следствием того, что ядро состоит из частиц (нуклонов), которые плотно упакованы, т.е. заполняют ядро без «пустот», поэтому плотность ядра практически однородна вплоть до его границ. В этом ядро коренным образом отличается от атома, у которого центральная часть (ядро) имеет плотность в  $10^{18}$  раз больше, чем плотность остальной части атома («электронных облаков»). Любое ядро имеет электрический заряд (положительный и кратный элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл)  $Q_{\text{яд}} = Ze$ , где  $Z$  – зарядовое число ядра (количество протонов в данном ядре). Ядро имеет спин  $S_{\text{яд}}$  и магнитный момент  $M_{\text{яд}}$ . Модуль спина ядра квантован:

$$|S_{\text{яд}}| = h\sqrt{S(S+1)}, \quad (3.5.6)$$

где  $S$  – спиновое квантовое число ядра.

Проекция спина ядра на выделенную ось также квантуется. Количество протонов  $Z$  в ядре может принимать любое значение, максимальная граница которого наукой пока не установлена. Количество протонов равно количеству электронов в атоме. Оно определяет порядковый номер элемента в таблице Менделеева и, следовательно, химические свойства данного элемента.

При фиксированном количестве протонов возможное количество нейтронов  $N$  в ядре не может быть любым. Количество нейтронов у легких ядер примерно равно количеству протонов, а у самых тяжелых – примерно на 60% больше. Только у одного элемента - водорода - в ядре отсутствуют нейтроны. Изотопом данного химического элемента называется элемент, состоящий из атомов, ядра которых имеют то же количество протонов, что и ядра атомов данного элемента, но разное количество нейтронов. Изотоп водорода, ядро которого содержит один протон и один нейтрон, называется



дейтерием, а его ядро – дейтоном. Изотоп водорода, ядро которого содержит два нейтрона, называется тритием, а его ядро – тритоном.

Особым свойством ядер некоторых атомов является их неустойчивость, т.е. самопроизвольное превращение в другие ядра и элементарные частицы. Стабильными (устойчивыми) называются ядра, которые могут существовать бесконечно долго, не превращаясь в другие. У некоторых веществ имеется несколько стабильных изотопов, у которых состав ядра отличается на 1 – 10 нейтронов. Были обнаружены и исследованы также и нестабильные ядра, входящие в состав неустойчивых изотопов. К настоящему времени известно более сотни химических элементов, около 300 устойчивых изотопов и свыше 1000 неустойчивых.

«Магическом числом» называют количество протонов в ядре с заполненной оболочкой, которое обладает особой устойчивостью. Само такое ядро называют «магическим». Первая оболочка ядра полностью заполнена протонами (а остальные пусты) для элемента, у которого в ядре 2 протона (гелий). Полностью заполнены первая (2 состояния) и вторая (6 состояний) оболочки для элемента, у которого в ядре 8 протонов (кислород). Полностью заполнены протонами первая, вторая и третья оболочки (12 состояний) для элемента, имеющего в ядре 20 протонов (кальций).

Дважды магическим называют ядра, у которых и количество протонов и количество нейтронов равно магическому числу. У них полностью заполнены оболочки, как для протонов, так и для нейтронов. Дважды магическими ядрами обладают гелий  ${}^2\text{He}^4$ , кислород  ${}^8\text{O}^{16}$ , кальций  ${}^{20}\text{Ca}^{40}$  и свинец  ${}^{82}\text{Pb}^{208}$ . В рассмотренной модели магическими являются числа 2, 8, 20, 40, 70 и 112. Экспериментальные значения магических чисел образуют следующий ряд: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 ... Число 28, полученное в эксперименте, не предсказывается в данной упрощенной модели ядра, но получается в уточненной модели. Последующие 6 числа модели, хотя и отличаются, но довольно близки к экспериментальным. В уточненной модели, которую мы

здесь не рассматриваем, соответствие теоретических и экспериментальных значений магических чисел для тяжелых ядер оказывается более точным.

### Экспериментальная часть

Запустите на вашем компьютере программу «Открытая физика 2.7 часть 2». Выберите в окне «Содержание» кнопку «Модели». В данной лабораторной работе мы будем использовать модель 6.6 «Энергия связи ядер». Схема экспериментальной установки для изучения энергии связи ядер представлена на экране компьютера.

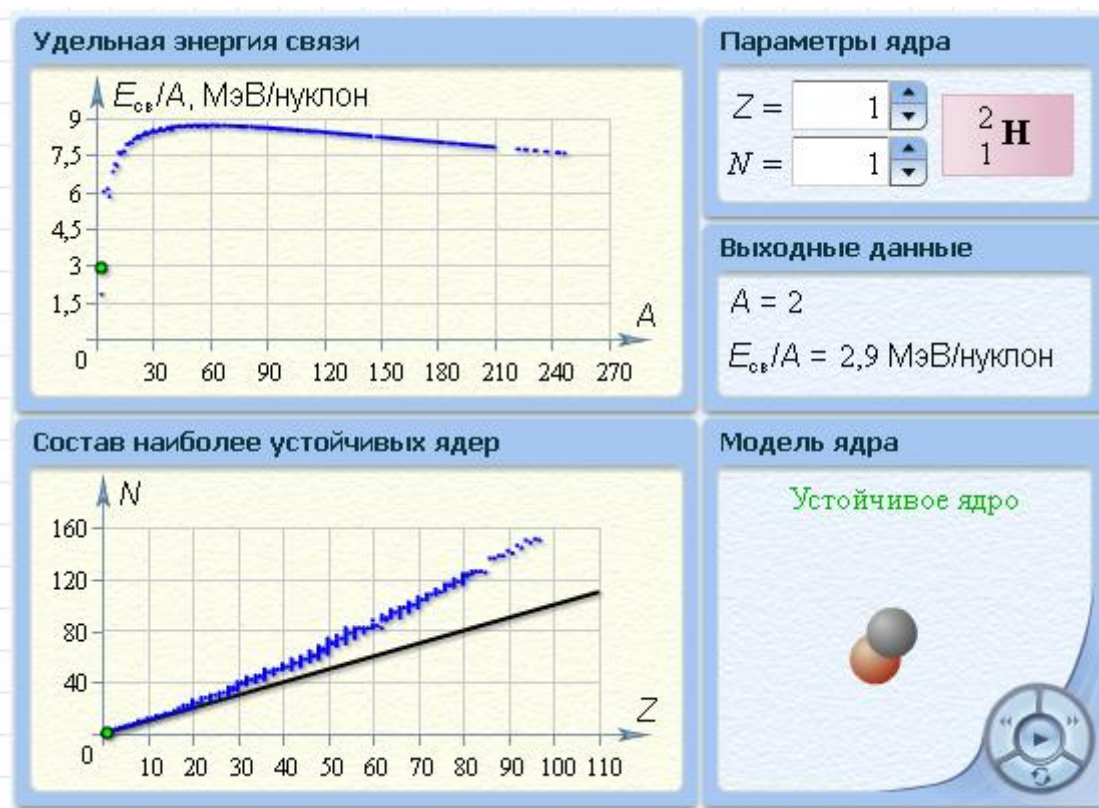


Рис. 8 Модель энергии связи ядер.

Компьютерная модель позволяет воссоздавать ядра изотопов любых химических элементов с различными массовыми числами. При команде Старт ядра стабильных изотопов остаются на экране в виде некоторых компактных образований, а нестабильные ядра распадаются. Таким путем можно

определить число стабильных изотопов любого химического элемента. Ядра стабильных изотопов изображаются точкой с координатами  $Z, N$  в полосе стабильных изотопов. Кроме того высвечивается точка на графике зависимости удельной энергии связи  $(E_{св})_{уд}$  от массового числа  $A$ .

### ***Методика выполнения работы***

1. С помощью регулировки справа установите количество протонов  $Z$ , заданное в строке для вашего варианта и первом столбце табл. 11.
2. Запишите значение  $Z$  в левом столбце табл. 12. С помощью второго регулятора справа установите количество нейтронов  $N$ , равное количеству протонов  $Z$ .
3. Нажмите кнопку «Старт». Если ядро неустойчиво, оно будет распадаться, и надо увеличить количество нейтронов на 1 и повторить действия по п.3.
4. Если ядро устойчиво, оно не будет распадаться. Для него запишите количество нейтронов  $N$  в табл. 12 .
5. Увеличьте количество нейтронов на 1. Если ядро устойчиво, запишите его количество нейтронов  $N$  в табл. 12 в той же строке.
6. Повторите п.5 пока не получите подряд несколько неустойчивых ядер. Тогда измените количество протонов, как указано в табл. 11 для вашего варианта. Повторите действия, начиная с п.2 и записывая результаты в следующей строке табл. 12

### **Исходные данные**

Таблица 14

Номер варианта	Количество протонов в ядре $Z$												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46
2	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58

4	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Результаты измерений и расчетов (14 строк)

Вариант №

Таблица 15

Количество протонов $Z$	Количество нейтронов в ядре изотопа - $N$											Количество изотопов $Z_{из}$	

*Обработка результатов измерений*

1. Подсчитайте количество стабильных изотопов для каждого химического элемента и внесите в последний столбец табл.12.
2. Сделайте вывод по количеству изотопов химических элементов в заданном диапазоне порядковых номеров. Объяснить причину такого количества.
3. Постройте графики зависимости количества стабильных изотопов  $N_{из}$  от количества протонов  $Z$  отдельно для четных и нечетных  $Z$ .
4. Сделайте вывод по форме графиков  $N_{из}(Z)$ .
5. По положению максимума на одном из графиков оцените значение магического числа.
6. Сравните значение магического числа, полученное экспериментально, с теоретическим значением числа, расположенным в данном диапазоне изменения  $Z$ .
7. Сделайте вывод о количестве изотопов у веществ, ядра которых имеют нечетное количество протонов  $Z$ .

*Контрольные вопросы.*

1. Что называют ядром атома?
2. Что такое нуклон?
3. Что такое зарядовое число ядра и чему оно равно?
4. Что определяет порядковый номер химического элемента в таблице Менделеева?
5. В чем состоит главное отличие нейтрона от протона?
6. Что можно сказать о количестве протонов и нейтронов в ядрах?
7. Что такое изотопы?
8. Опишите движение нуклона в ядре согласно оболочечной модели.
9. Сколько квантовых чисел определяют доступное квантовое состояние нуклона в ядре? Назовите их и укажите их обозначения и числовые значения.
10. Какие свойства будут существенно разными у химических элементов, имеющих ядра с четным и нечетным количеством протонов?
11. Что такое магические ядра?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационной работы поставленная нами *цель*: формирование универсальных исследовательских умений у учащихся в рамках виртуального лабораторного физического практикума.

Для достижения цели работы были решены поставленные задачи:

1. Проанализировать научно-методическую и методическую литературу по теме исследования;
2. Рассмотреть различные способы организации учебно-исследовательской деятельности учащихся;
3. Проанализировать состав и содержание универсальных учебных действий у учащихся;
4. Разработать методические рекомендации по организации учебно-исследовательской деятельности учащихся.
5. Провести педагогический эксперимент по проблеме, рассматриваемой в выпускной квалификационной работе.

Гипотеза: качество обучения учащихся можно повысить, если в процесс обучения физике ввести виртуальный компьютерный практикум по физике, как дополнение к натуральному, подтверждена.

Проведенное нами исследование позволило сформулировать следующие *выводы*:

Обучение в рамках виртуального лабораторного физического практикума способствует формированию универсальных исследовательских умений у учащихся.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Федеральный Государственный Образовательный Стандарт основного общего Образования
3. Федеральный Государственный Образовательный Стандарт полного (среднего) общего Образования
4. Распоряжение Правительства РФ от 24.04.2015 № 729-р «Об утверждении плана мероприятий на 2015 - 2020 годы по реализации Концепции развития дополнительного образования детей, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 04.09.2014 № 1726-р»;
5. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 1563 от 30 декабря 2015г «Об утверждении перечня федеральных инновационных площадок, осуществляющих деятельность в сфере дополнительного образования детей на 2016-2020 гг.»;
6. Методические рекомендации Министерства образования и науки РФ от 28.08.2015 №АК-2563/05;
7. Абдрахманова А.Х., Нефедьев Е.С. Лабораторный практикум по дисциплине "Физика" с компьютерными моделями.-М.: Книжный дом Университет (КДУ), - 2012, - 128 с.
8. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. // М.: ИИД "Филинь" - 2003, 616 с.
9. Барсуков О. А., Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 562с.
10. Гринкруг М. С., Вакулюк А. А. Лабораторный практикум по физике – М.: Лань, 2012. - 464 с.

11. Игошин Ф. Ф., Самарский Ю. А., Ципенюк Ю. М. Лабораторный практикум по общей физике. Квантовая физика – М.: Физматкнига, 2012. – 464 с.
12. Махмутов, М.и. Проблемное обучение / М.И. Махмутов. - М.: Педагогика, 1975. - 210 с.
- 13.
14. Паршаков А. Н. Введение в квантовую физику. - М.: Лань, 2010. – 352с.
15. Пронин В. П. Практикум по физике. – М.: Лань, 2005. – 256 с.
16. Тарасов Л.В. Введение в квантовую оптику. – М.: ЛКИ, 2008. – 306 с.
17. Усова, А.В. Формирование у учащихся учебно-познавательных умений / А.В. Усова. Челябинск: Изд-во ЧГПИ, 1994. -23 с.
18. Хуторской, А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А.В. Хуторской // Народное
19. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике. Квантовая механика. М.:Мир, 1967. Т. 4. 264с.
20. Хорошавин С. А. Демонстрационный эксперимент по физике. Оптика. Атомная физика. – М.:Просвещение, 2010. – 80 с
21. Чиганов А.С. Введение в атомную (квантовую) физику: курс лекций/Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2010. 180с.
22. Козел С.М., Орлов В.А., Кавтрев А.Ф. Открытая физика 2.7 (часть 2). URL: [www.physicon.ru](http://www.physicon.ru)
23. Пушкарева Н. Б. Роль натурального и виртуального эксперимента в лекционном курсе физики [Электронный ресурс] / Н. Б. Пушкарева, К. А. Шумихина, В. А. Оськина // Новые образовательные технологии в вузе : материалы XI международной научно-методической



конференции. — Екатеринбург, 2014 URL:  
<http://hdl.handle.net/10995/24682>.

## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию  
«Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при  
выполнении виртуального лабораторного физического практикума»  
студента 3 курса магистратуры ИМФИ КГПУ им. В.П.Астафьева  
Евсеевой Татьяны Геннадьевны

Представленная выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) Евсеевой Т.Г. посвящена проблеме формирования универсальных исследовательских умений у учащихся в рамках виртуального лабораторного физического практикума, что несомненно является актуальным направлением для научно-методической и исследовательской работы.

Во введении обосновывается актуальность темы и формулируется научная проблема исследования. Выделяются цель, задачи, объект и предмет исследования соответствующие заявленной теме магистерской диссертации. Указаны научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена рассмотрению использования информационных технологий в современном школьном физическом образовании. Представлен анализ нормативных документов по организации обучения учащихся в современной школе. Рассматриваются возможности организации учебно-исследовательской деятельности учащихся при проведении физического практикума.

Во второй главе работы представлено описание методики организации виртуального лабораторного практикума по курсу «Атомная физика».

Разработаны методические рекомендации по формированию учебно-исследовательской деятельности по организации виртуального физического практикума теме «Атомная физика».

Результаты работы и основные выводы, приведенные в заключении, в целом соответствуют заявленной теме, цели и задачам. Материал в ВКР логически структурирован. По каждому разделу приводятся обоснованные

ВЫВОДЫ.

В качестве замечаний можно отметить следующее: отсутствует педагогический эксперимент и самостоятельный опыт работы с разработанными методическими рекомендациями .

Несмотря на указанные замечания, можно считать, что в целом работа обладает заявленной в ней теоретической и практической значимостью, результаты частично содержат научную новизну в исследования.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что представленная работа удовлетворяет всем требованиям Положения о выпускной квалификационной работе магистра (магистерской диссертации) КГПУ им. В.П. Астафьева, заслуживает оценки «хорошо», а ее автор, Евсеева Татьяна Геннадьевна, присуждения степени магистра по направлению подготовки 44.04.01 - Педагогическое образование, магистерская программа «Физическое образование в новой образовательной практике».

кандидат технических наук, доцент каф.

Технологии и предпринимательства,

зам. директора по учебной работе

ИМФИ КГПУ им. В.П. Астафьева



С.В. Бортновский

## **Отзыв руководителя магистерской диссертации**

Факультет *математики, физики информатики*

Кафедра *физики и методики обучения физике*

Группа *DZ-M16Ф-01* Студент *Евсеева Татьяна Генадьевна*

Руководитель доцент каф. *физики и методики обучения физике*

*Залезная Татьяна Анатольевна*

Тема магистерской диссертации *«Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального физического практикума»*

Оценка соответствия подготовленности студента требованиям ГОС:

*Уровень подготовки Евсеевой Татьяны Генадьевны соответствует ГОС.*

*При выполнении магистерской диссертации Татьяна Генадьевна проявила самостоятельность, инициативу и трудолюбие. Продемонстрировала умение работать с различными источниками информации.*

Достоинства магистерской работы: *В работе на достаточно высоком уровне научно-методическом уровне проанализированы нормативные документы содержания школьного физического образования, формирования исследовательской деятельности учащихся, возможности цифровых образовательных ресурсов. Интересным является материал, подобранный и включенный Татьяной Генадьевной в содержание методических рекомендаций по формированию учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального физического практикума в старшей школе.*

Заключение: *магистерская диссертация «Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального физического практикума», может быть допущена к защите и заслуживает высокой отметки.*

Руководитель *Т.А. Залезная* «03» декабря 2018г.





**АНТИПЛАГИАТ**  
ТВОРИТЕ СОБСТВЕННЫМ УМОМ

Красноярский государственный  
педагогический университет им.  
В.П.Астафьева

## СПРАВКА

### о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе  
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Евсеева Татьяна Генадьевна
Подразделение	Кафедра физики и методики обучения физике
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального лабораторного физического практикума
Название файла	диссертация Евсеева.docx
Процент заимствования	26,48%
Процент цитирования	2,59%
Процент оригинальности	70,93%
Дата проверки	15:40:01 18 декабря 2018г.
Модули поиска	Кольцо вузов; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Модуль поиска перефразирований Интернет; Модуль поиска "КГПУ им. В.П. Астафьева"; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска переводных заимствований; Цитирование; Сводная коллекция ЭБС
Работу проверил	Латынцев Сергей Васильевич ФИО проверяющего
Дата подписи	18.12.2018 Подпись проверяющего



Чтобы убедиться  
в подлинности справки,  
используйте QR-код, который  
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

**Приложение**  
к Регламенту размещения  
выпускной квалификационной работы обучающихся,  
по основным профессиональным образовательным программам  
в КГПУ им. В.П. Астафьева

**Согласие**  
на размещение текста выпускной квалификационной работы обучающегося  
в ЭБС КГПУ им. В.П. Астафьева

Я, Евсеева Татьяна Геннадьевна

(фамилия, имя, отчество)

разрешаю КГПУ им. В.П. Астафьева безвозмездно воспроизводить и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме и по частям написанную мною в рамках выполнения основной профессиональной образовательной программы выпускную квалификационную работу бакалавра / специалиста / магистра / аспиранта

(нужное подчеркнуть)

на тему: Формирование учебно-исследовательской деятельности учащихся при выполнении виртуального лабораторного физического эксперимента

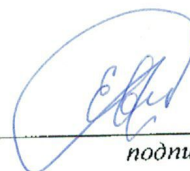
(название работы)

(далее – ВКР) в сети Интернет в ЭБС КГПУ им. В.П. Астафьева, расположенном по адресу <http://elib.kspu.ru>, таким образом, чтобы любое лицо могло получить доступ к ВКР из любого места и в любое время по собственному выбору, в течение всего срока действия исключительного права на ВКР.

Я подтверждаю, что ВКР написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает интеллектуальных прав иных лиц.

19.12.2018г.

дата



подпись