

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Выпускная квалификационная работа

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ФОТО- И ВИДЕОЗАДАЧ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

Работу выполнила:
студентка 851 группы
направления подготовки
44.03.05 "Педагогическое
образование" (с двумя профилями
подготовки)
Профили: "Физика и Информатика"
Ерстенюк Александра Николаевна

(подпись)

Допущена к защите в ГЭК
Зав. кафедрой МД и ИТО

(подпись)

«13» июня 2018г.

Руководитель:
канд.пед. наук, доцент
кафедры МД и ИТО
Оспенников Андрей Анатольевич

(подпись)

**Пермь
2018**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	7
1.1. Понятие задачи. Классификация физических задач.....	7
1.2. Экспериментальные задачи по физике. Виды экспериментальных задач.....	17
1.3. Обзор экспериментальных задач по физике. Способы их представления в виртуальной учебной среде.....	23
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ФОТО- И ВИДЕОЗАДАЧ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ.....	34
2.1. Задачи открытого типа	34
2.2. Сборник экспериментальных фото- и видеозадач и его применение в процессе обучения физике.....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	48

Ерстениук А.Н. Разработка экспериментальных фото- и видеозадач и их применение в учебном процессе по физике в средней школе/ ПГГПУ, Пермь, 2018. – 51 с.

Выпускная квалификационная работа посвящена проблеме применения в учебном процессе по физике экспериментальных фото- и видеозадач. Раскрыто содержание понятия «экспериментальная задача», рассмотрены классификации экспериментальных задач. Выполнен обзор экспериментальных задач по физике, рассмотрены способы их представления в учебной виртуальной среде. Дана оценка дидактического потенциала представленных экспериментальных задач

Разработаны учебные экспериментальные фото- и видеозадачи к разделам «Механика» и «Электродинамика». Создан цифровой образовательный ресурс «Экспериментальные фото- и видеозадачи по физике». Ресурс реализован средствами MS PowerPoint. В состав сборника вошли качественные и количественные экспериментальные задачи. Раскрыты направления применения экспериментальных фото- и видеозадач в учебном процессе по физике

Подготовленные дидактические материалы могут быть использованы в учебном процессе по физике в средней общеобразовательной школе, а также занятиях по дисциплине «Методика обучения физике» в педагогических вузах при подготовке будущих учителей физики.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день вместо простой передачи знаний, умений и навыков от учителя к ученику приоритетной целью школьного образования является развитие способности ученика самостоятельно ставить учебные цели, искать необходимые средства их достижения, уметь контролировать свою учебную деятельность.

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования устанавливает требования к результатам освоения учащимися основной образовательной программы [27]. Для достижения установленных результатов учителя используют различные методы и технологии обучения.

Школьный курс физики – основной компонент естественно-научного образования школьников. Он обеспечивает формирование у учащихся единой физической картины мира, научного мировоззрения, развитие творческих и интеллектуальных способностей, подготовку к жизни в условиях современного общества. Неотъемлемой частью процесса обучения физике является решение экспериментальных задач.

Экспериментальная задача как педагогический метод обладает широкими дидактическими возможностями. Интерес к ней как к методу обучения обусловлен тем, что данный вид заданий представляет учащимся возможность самостоятельно выявить первопричину физического явления на опыте. Применение экспериментальных задач на уроках физики позволяет развивать физическое мышление учащихся, их навыки применения знаний на практике.

Вопросами классификации экспериментальных задач и их применением на уроках физики занимались В. А. Зибер [8], И. Г. Антипин [1],

С. Д. Варламов, А. Р. Зильберман, В. И. Зинковский [3], Е. В. Полинский [20], С. С. Мошков и др.

К сожалению, в школьной практике решение экспериментальных задач используется эпизодически. Одной из причин можно назвать большие временные затраты. Одна экспериментальная задача может «поглотить» целый урок. Один из путей преодоления временных затрат на решение таких задач заключается в переносе их решения на дом. Однако, такой путь решения имеет свои недостатки: аппаратные трудности, сложность в подборке экспериментальных задач по таким темам как электричество, электромагнитные колебания, молекулярная физика.

Еще один способ преодоления временных затрат на уроке заключается в предоставлении экспериментальных задач в форме фотозадачи или видеозадачи. Показав на уроке фото эксперимента или его видео, удастся значительно сократить время, отведенное для решения экспериментальной задачи на уроке.

Анализ современных задачников по физике и цифровых образовательных ресурсов указывает на отсутствие достаточного разнообразия форм представления экспериментальных задач. Как правило, экспериментальные задачи представлены в виде текста или рисунка. Редко встречаются фото- и видеозадачи.

Сейчас благодаря техническим возможностям, можно разнообразить учебный процесс и вместо привычных текстовых задач предложить учащимся яркие, интересные фото- и видеозадачи. Более того, к созданию таких экспериментальных задач можно подключить и самих учеников.

Выше изложенное говорит об актуальности проблемы исследования, связанной с разработкой содержания и методикой применения в обучении физики экспериментальных фото- и видеозадач.

Объект исследования: процесс обучения физике в средней школе.

Предмет исследования: применение экспериментальных фото- и видеозадач в учебном процессе по физике.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ научно-методической литературы по проблеме применения экспериментальных задач по физике в средней школе. Дать определение понятия «экспериментальная задача», рассмотреть виды экспериментальных задач.
2. Подготовить обзор способов предъявления экспериментальных задач по физике, в том числе в виртуальной учебной среде.
3. Разработать экспериментальные фото- и видеозадачи по физике. Раскрыть особенности их применения в учебном процессе.
4. Провести апробацию подготовленных материалов в период педагогической практики.

Структура дипломной работы состоит из: введения, двух глав, заключения, библиографического списка.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Современный уровень развития техники позволяет разнообразить учебный процесс с помощью применения различных медиа ресурсов. Однако достаточное разнообразие физических учебных задач отсутствует. Это же относится и к экспериментальным задачам.

Вопросами применения экспериментальных задач в процессе обучения физики занимались такие педагоги и методисты как С. С. Мошков, И. Г. Антипин, В. А. Зибер, Е. В. Полицинский, А. В. Перышкин, С. Д. Варламов, А. Р. Зильберман и др.

В данной главе рассмотрены классификации экспериментальных задач, представленные различными авторами, особенности их применения в процессе обучения физике, формы представления экспериментальных задач в виртуальной учебной среде.

1.1. ПОНЯТИЕ ЗАДАЧИ. КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Рассмотрим различные подходы к определению понятия «задача». В психологии (В. В. Давыдов, С. Л. Рубинштейн, Д. Б. Эльконин и др.) рассматривают задачу как направляющее и организующее начало человеческой деятельности. В педагогике – как один из методов обучения, проверки знаний и практических навыков учащихся.

Если при изучении многих предметов нет необходимости в решении задач, то в процессе обучения физике решение задач является важной и неотъемлемой частью процесса. Поэтому понимание понятия физическая задача является важным. Рассмотрим, какие определения данного понятия дают разные авторы.

С. Е. Каменский и В. П. Орехов задачами называют, проблему, которая в общем случае решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики [9, с. 6].

Б. С. Беликов даёт следующее определение: «Физическая задача – это физическое явление, точнее – его словесная модель (или совокупность явлений) с некоторыми известными и неизвестными физическими величинами, характеризующими это явление» [2, с. 13].

Е. В. Полицинский даёт следующее определение физической задаче. Физическая задача – это выраженная с помощью информационного кода (текстового, графического, образного или их комбинаций) проблемная ситуация, которая требует от обучающегося для ее решения, мыслительных и практических действий на основе законов и методов физики, которые направлены на овладение умениями и знаниями, на развитие мышления и понимания физических закономерностей [19, с. 9].

Согласно трактовке А. В. Усовой и Н. Н. Тулькибаевой «Физическая учебная задача – это ситуация, требующая от учащихся мыслительных и практических действий на основе использования законов и методов физики, направленных на овладение знаниями по физике, умениями применять их на практике и развитие мышления» [24, с. 6].

Е. В. Оспенникова даёт следующее определение физической задаче. «Учебная физическая задача – это задача, для решения которой используется система знаний предметной области «физика» и применяются методы физической науки. Учебный характер задачи определяется ориентацией её содержания и методов решения на овладение учащимися системой предметных знаний, умений и навыков (ЗУН), формирование специальной предметной компетентности, а также развитие системы психологических свойств (в частности способов умственных действий – СУД) и качеств личности» [15, с. 481].

Из приведенных определений видно, что решение физических задач позволяет сделать знания учащихся осознанными, обучать учащихся решению проблем, развивать логическое мышление и способствует применению физических знаний на практике. Решение физических задач помогает усвоению учениками курса физики, позволяет формировать у них определенные виды деятельности. Решение задач влияет на воспитание ученика: он должен проявить самостоятельность, настойчивость и усидчивость при решении задачи. Не меньшее значение решение задач имеет для развития детей. Решение задач на уроках физики позволяет развивать у детей логическое мышление, формировать умение делать индуктивные и дедуктивные умозаключения. В задачах с политехническим содержанием учащиеся узнают о технических объектах, основах их работы и о взаимосвязях элементов этих технических объектов.

Суждения экспертов по сути физических задач, а также обобщение опыта использования задач на практике позволяют определить основные функции задач в обучении физике. Рассмотрим образовательные функции учебной задачи, представленные Е. В. Оспенниковой:

1) обучающие:

- усвоение знаний (о фактах, понятиях, законах, теориях, способах деятельности);
- совершенствование качества знаний;
- освоение методов естественнонаучного познания;
- формирование практических умений;

2) развивающие:

- развитие всей системы познавательных процессов (внимания, представления, восприятия, мышления, воображения, речи, памяти);
- развитие творческих способностей;

3) воспитательные:

- формирование научного мировоззрения и естественнонаучного стиля мышления;
- становление социально ценных мотивов учения;
- формирование самостоятельности личности в учении;
- воспитание волевых и нравственных качеств личности [15, с. 482].

Понимание задачи также определяется ее структурой. Так, например, Ю. Н. Кулюткин выделяет в структуре задачи (проблемы) два компонента: условия и требования. Условие – это совокупность объектов, которые упорядочены определенными отношениями. Требования указывают на то, что следует искать в данных условиях [13, с. 18].

Рассмотрев понятие задачи и ее структуру, обратимся к вопросу о видах физических задач. В методической литературе встречаются различные точки зрения по вопросу классификации физических задач. Задачи можно классифицировать по различным признакам: по содержанию, по способу предъявлению условия, по способу решения, по тематике учебных разделов и др.

Рассмотрим виды физических задач, обозначенные С. Е. Каменским и В. П. Ореховым:

- 4) задачи с абстрактным и конкретным содержанием;
- 5) задачи с политехническим содержанием;
- 6) задачи с историческим содержанием;
- 7) занимательные задачи;
- 8) творческие задачи;
- 9) качественные и количественные задачи;
- 10) устные, графические, экспериментальные и вычислительные задачи [9, с. 9-11].

А. В. Усова и Н. Н. Тулькибаева представили наиболее полную классификацию физических учебных задач. Рассмотрим классификацию задач, основанную на задачной системе. Так, по компонентам предмета действия, описываемого в условии задачи, выделяют исполнение, восстановление, преобразование, конструирование. По содержанию задачи делят на текстовые, графические, задачи-рисунки и экспериментальные. По характеру содержания различают абстрактные и конкретные задачи.

Система решения определяется теоретическим материалом, методами, способами и другими средствами решения задач. По роли формирования понятий авторы выделяют задачи направленные на уточнение содержания, объема понятий, установления связи данного понятия с другими понятиями, систематизацию и классификацию понятий. По типу средств решения задачи делят на задачи поиска или реализации метода, способа, алгоритма, программы решения. По основному способу решения выделяют задачи логические, графические, вычислительные, геометрические и экспериментальные. По степени сложности выделяют простые и сложные задачи. По характеру и методу исследования задачи бывают качественные и количественные. По характеру используемого материала выделяют задачи, для решения которых достаточно знаний определенной темы, раздела; комплексные задачи, которые требуют применения знаний из нескольких разделов одного учебного предмета; задачи межпредметного содержания, требующие применение знаний из нескольких учебных дисциплин.

По отношению задачи к внешней среде выделяют поисковые, беспоисковые и задачи с лишними данными [24, с. 9-11]. Основаниями для данной классификации являются характеристики задачной системы, решающей системы и отношения к ним среды.

Основанием для классификации видов учебных задач, представленной Е. В. Оспенниковой, является тип источника информации, с которым организуется деятельность учащихся. Автор выделяет классы задач, связанные:

- 1) с научным (учебным) исследованием явлений природы;
- 2) научно-техническим (учебным) исследованием;
- 3) работой с книгой;
- 4) работой с объектами и инструментами виртуальной среды;
- 5) восприятием и анализом устной информации в среде коммуникаций;
- 6) деятельностью в игровой среде.

Внутри каждого класса задачи делятся по видам работы с источником информации. Рассмотрим виды задач первого класса на объяснение и предсказание явлений природы.

По содержанию деятельности:

- 1) научные (решаются, как правило, совместно с учителем);
- 2) учебные;
- 3) игровые задачи.

По уровню познавательной самостоятельности:

- 1) на применение знаний в репродуктивной деятельности:
 - задачи-упражнения,
 - типовые задачи;
- 2) задачи исследовательского характера, связанные с добыванием нового знания, поиском и освоением новых способов деятельности.

По дидактической цели:

- 1) задачи по приобретению новых знаний и умений;
- 2) задачи на отработку и закрепление ранее приобретенных знаний и умений.

По содержанию условия:

- 1) абстрактные;
- 2) конкретные.

По используемым для решения знаниям разделов / тем курса физики:

- 1) требующие знания отдельной учебной темы / раздела;
- 2) требующие знания двух и более учебных тем / разделов.

По способу предъявления условия:

- 1) текстовые;
- 2) образно-графические:
 - задачи-рисунки,
 - фотозадачи,
 - задачи-схемы,
 - задачи-таблицы,
 - задачи-графики,
 - задачи-анимации,
 - задачи на основе компьютерной модели физического явления;
- 3) задачи с лабораторного стола:
 - натуральный эксперимент,
 - видеозапись натурального эксперимента,
 - компьютерная симуляция натурального физического эксперимента;
- 4) компьютерные задачи-симуляции практической деятельности человека в различных её сферах;
- 5) видеозадачи (в том числе на основе мультфильмов, художественных фильмов, компьютерных игр и др.);
- 6) аудиозадачи;
- 7) комбинированные задачи.

По степени полноты условия задачи:

- 1) поставленные;

- 2) сформулированные;
- 3) частично сформулированные;
- 4) задачи с лишними данными.

По характеру требования задачи:

- 1) нахождение / расчет искомого;
- 2) доказательство;
- 3) конструирование / преобразование / построение.

По способу решения:

- 1) логические (качественные);
- 2) логико-математические (количественные);
- 3) логико-экспериментальные (качественные экспериментальные);
- 4) логико-экспериментально-математические (количественные экспериментальные);
- 5) «компьютерно-ориентированные» с использованием:
 - компьютерных экспериментальных пакетов и систем для выполнения расчетов и исследования результатов количественных решений;
 - инструментальных сред для построения моделей физических объектов и изучения особенностей их поведения в различных условиях;
 - телеметрических методов анализа задачной ситуации и компьютерной обработки данных;
 - компьютерных экспериментальных систем.

По форме представления результатов:

- 1) число и массив чисел;
- 2) аналитическое выражение;
- 3) график;

4) текст.

По степени точности полученного результата:

- 1) задачи со строгим количественным решением;
- 2) задачи-оценки.

По степени сложности:

- 1) простые (1 или 2-3 последовательных действия в рамках конкретной учебной темы);
- 2) средней сложности (4-7 действий в рамках 1-2 тем, разветвленная линия поиска решений в рамках одной учебной темы);
- 3) сложные (более 7 действий, разветвленная линия поиска решений по двум и более учебным темам).

По способу представления ответа и контроля результатов решения:

- 1) традиционные: устное или письменное решение задачи учащимися;
- 2) решение задач-тестов, представленных на бумажном носителе;
- 3) решение задач-тестов с применением компьютерной тестирующей системы;
- 4) решение интерактивных задач с применением компьютерной экспертной обучающей системы [15, с. 482-489].

Для достижения целей обучения, воспитания и развития необходимо использование учебных задач по физике различных видов. Их достаточное видовое разнообразие позволит реализовать образовательные возможности, заложенные в деятельность по решению задач.

Изучением проблемы видового разнообразия задач, представленных в школьных учебниках и задачниках по физике, занимались А. А. Оспенников и Н. А. Оспенников. Проведенный ими анализ задач в задачнике А. П. Рымкевича для учебной темы «Кинематика» дал следующие результаты. Большинство задач (92,8 %) составляют типовые задачи.

Преобладают конкретные физические задачи (83,8 %), 98,2 % задач требуют знания одной учебной темы. Большая часть задач относится к текстовым, поставленным или «открытым» задач всего 0,9 %. Основная часть задач – это простые задачи.

Авторы отмечают, что достаточного разнообразия физических учебных задач нет и в цифровых образовательных ресурсах. Два трети ресурсов состоят на 80 % из текстовых задач. Задач, сформулированных с помощью анимаций, рисунков, графиков мало и почти нет видеозадач. Редко встречаются образцы решения задач различных видов [14, с.85-88].

Рассмотрев основные функции задач, их видовое разнообразие и использование на практике, можно сделать вывод, что задачи являются неотъемлемой частью учебного процесса. Они позволяют сформировать понятия физических явлений и величин, изучить физические явления. Решая задачи, учащиеся приобретают навыки и умения выполнять чертежи, строить графики, производить расчеты, использовать справочную литературу.

Решение задач имеет и большое воспитательное значение. С помощью задач можно познакомить учащихся с открытиями отечественных ученых, обратить внимание на достижения науки и техники, познакомить с новыми техническими изобретениями. Все возможности использования задач можно реализовать только при их достаточном видовом разнообразии. Использование задач одного и того же вида не вызывает у учащихся интереса к предмету. Учителю физики необходимо обеспечить достаточное разнообразие задач, которое отсутствует в традиционных сборниках задач по физике и в цифровых образовательных ресурсах.

1.2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ. ВИДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Физика – это экспериментальная наука. Значительный объем в преподавании физики занимает учебный физический эксперимент. На

протяжении всего курса физики опыты пополняют и расширяют кругозор учащихся. Демонстрационный эксперимент является источником фактов, знаний о мире, развивает интерес к физике. Фронтальные лабораторные работы позволяют самостоятельно организовывать деятельность учащихся, применять теоретические знания на практике. Осуществить связь теории с практикой так же помогут экспериментальные задачи.

Впервые упоминание об экспериментальных задачах содержится в книге ленинградского педагога В. А. Зиберы [8]. В. А. Зибер использует термин «задачи-опыты», но не даёт определение данного понятия. В своей книге автор приводит большое количество экспериментальных задач.

И. Г. Антипин экспериментальными задачами называет, такие задачи, постановка и решение которых связаны с экспериментом. А именно, с различными измерениями, воспроизведением физических явлений, наблюдениями за физическими процессами, сборкой установок.

Автор делит экспериментальные задачи на качественные и количественные. Количественные задачи – это такие задачи, решение которых осуществляется путем математической обработки данных, полученных экспериментально.

Решение качественных экспериментальных задач осуществляется путем построения логической цепочки умозаключений, без привлечения математического аппарата. Качественные экспериментальные задачи могут задаваться различно. В одном случае, показав вещественную установку, можно спросить у учащихся, что произойдет в результате определенных действий экспериментатора, и в этом случае решение задачи сводится к предвидению события, последующее осуществление которого является экспериментальной проверкой правильности решения. В других случаях учащимся предлагается не предвидеть событие, а при помощи данной установки осуществить его, т.е. в этом случае спрашивается не что будет, а как сделать?

По месту эксперимента экспериментальные задачи делятся на следующие группы:

1) задачи, в которых для получения ответа приходится измерять необходимые физические величины, использовать паспортные данные приборов или экспериментально проверять эти данные;

2) задачи, в которых ученики устанавливают зависимость и взаимосвязь между конкретными физическими величинами;

3) задачи, в условии которых дано описание опыта, а учащийся должен предсказать его результат;

4) задачи, в которых ученик должен с помощью данных ему приборов показать конкретное физическое явление без указаний на то, как это сделать.

5) задачи на глазомерное определение физических величин с последующей экспериментальной проверкой правильности ответа;

б) задачи с производственным содержанием, в которых решаются конкретные практические вопросы [1, с. 5-8].

В пособии для учителей и студентов "Методика преподавания физики в восьмилетней школе" под редакцией А. В. Перышкина экспериментальными называют "...такие задачи, для решения которых школьники получают данные из опыта, протекающего на их глазах, или поставленного ими самими. Правильность решения таких задач также проверяется опытом". Авторы отводят особое место данному типу задач, говоря, что "решая их, учащиеся видят изучаемые закономерности в совершенно конкретной обстановке, в которой каждая из величин выступает реально, в действующих взаимосвязях" [18].

В учебно-методическом пособии Е. В. Полицинского, Е. П. Тесловой и Е. А. Румбешта выделено две основные группы экспериментальных задач: извлечение данных из эксперимента и экспериментальная проверка теоретических расчетов. Авторы утверждают, что преимущество экспериментальных задач перед текстовыми заключается в том, что

экспериментальные задачи не могут быть решены формально, без достаточного осмысления физического процесса. При решении этих задач проявляется особая активность и самостоятельность [20, с. 17-18].

В. В. Кудинов и М. Д. Даммер основным признаком экспериментальной задачи называют, «...не просто наличие эксперимента, проделанного в связи с ее решением, а невозможность постановки задачи и осуществления её решения без эксперимента» [12, с. 76]. Авторы предлагают классификацию экспериментальных задач по времени их использования в образовательном процессе и по отношению к изучению той или иной темы курса физики. В соответствии с этим выделяют следующие виды задач:

- 1) опережающие (предшествующие и перспективные);
- 2) сопутствующие;
- 3) завершающие.

Опережающие экспериментальные задачи позволяют ввести новые понятия и указать его признаки. Экспериментальные задачи, которые позволяют подготовить учащихся к осознанию признаков нового понятия, изучение которого предполагается на следующем занятии, называют предшествующими. Перспективные задачи – это задачи, позволяющие подготовить учеников к усвоению признаков новых понятий, которые будут изучены в последующих темах курса физики.

Сопутствующими называют экспериментальные задачи, с помощью которых отрабатываются содержание, признаки понятия и происходит его усвоение учениками. Такие задачи используются непосредственно в ходе изучения данного понятия, явления или процесса.

Завершающие задачи устанавливают связь с уже изученными понятиями. Этот тип экспериментальных задач может использоваться для закрепления изучаемой темы, закрепления и обобщения, практического применения полученных знаний. Авторы отмечают, что предложенная ими классификация является условной и в зависимости от выбранного учителем

учебно-методического комплекса одна и та же задача может относиться к разным видам данной классификации [12, с. 77-80].

В зависимости от места эксперимента в задаче классификацию экспериментальных задач можно представить следующим образом:

- 1) задача-наблюдение; эксперимент представлен в начале задачи;
- 2) постановочная задача; эксперимент используется после формулировки задачи;
- 3) задача-исследование; эксперимент ставится в ходе решения;
- 4) задача с проверкой; постановка эксперимента после решения задачи [26].

С. Д. Варламов, А. Р. Зильберман и В. И. Зинковский в своей книге «Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах» рассматривали экспериментальные задачи как один из видов экспериментальных работ. А именно, творческие эксперименты, в которых «дан некий набор оборудования, которое можно использовать в эксперименте, дан объект исследования, сформулирована конечная цель, однако не даны четкие однозначные инструкции, следуя которым можно было бы добраться до конечной цели» [3, с. 4]. Авторы отмечают, что такие работы «заставляют» учащихся самостоятельно искать пути решения, разрабатывать план действий. Экспериментальные творческие работы позволяют ученикам развивать свои творческие способности. В книге представлены многочисленные экспериментальные задачи для физических олимпиад: приведены условия задач и их примерные решения.

Поскольку экспериментальные задачи строятся на основе того физического эксперимента, который применяет учитель на уроках, то при постановке и решении таких задач должны учитываться требования, предъявляемые к эксперименту как к одному из важных методов научного исследования, к методике и технике его постановки. Ниже приведена система

требований к демонстрационному физическому эксперименту, представленная Е. В. Оспенниковой [15, с. 439]

1. Методологическая грамотность в постановке опыта.
2. Дидактическая пригодность. В ходе эксперимента должно быть в необходимой мере раскрыто учащимся данного возраста сущность физического явления и содержание способа его экспериментального исследования.
3. Видимость демонстрационной установки и наблюдаемого на ней эффекта.
4. Выразительность и наглядность опыта (обеспечение различными способами значимого для наблюдения или измерения исследуемого эффекта и концентрации внимания учащихся на главном и существенном в наблюдаемом явлении).
5. Убедительность опыта (у учащихся не должно возникать сомнений в объективности наблюдаемого эффекта).
6. Оптимальность по длительности.
7. Своевременность предъявления демонстрационной установки.
8. Целесообразность (обоснованность применения в постановке опыта средств ИКТ).
9. Надежность демонстрации.
10. Эстетичность демонстрационной установки.
11. Соблюдение правил техники безопасности.

Экспериментальная задача приближает физику к нам. Тем самым показывая практическую востребованность знаний по физике, их значимость в обычной жизни. «Органически сочетая теоретическую задачу с лабораторной работой, экспериментальная задача требует от учащихся комплексного подхода, соединения теоретических методов с экспериментальными, умения применять эти методы на практике» [21, с. 31].

Постановка таких задач показывает ученикам физические законы в действии. Теоретические положения, которые изучаются в курсе физики, приобретают особую жизненность и значимость у учащихся.

Исходя из вышеизложенного, можно выделить некоторые достоинства экспериментальных физических задач:

1) применение экспериментальных задач повышает активность учащихся на уроке, воспитывает стремление самостоятельно добывать знания, развивает творческие способности;

2) задачи, поставленные на основе эксперимента, непосредственно связаны с реальными явлениями, они учат ребят пользоваться знаниями на практике, в жизни;

3) решение экспериментальных задач способствует приобретению умений и навыков исследовательского характера, развитию логического мышления, учат анализировать явления природы;

4) использование экспериментальных задач способствует формированию у учащихся естественнонаучного стиля мышления.

Постановка экспериментальных задач возможна и желательна во всех классах, в которых преподается физика. Вместе с тем недостатком экспериментальных задач является тематическая ограниченность их содержания, которая связана со специфичностью экспериментальной базы кабинета физики по различным разделам и тема школьного курса физики. Постановка таких задач связана с большими временными затратами, которые не всегда можно считать оправданными. Важно с этой целью применять разные способы предъявления экспериментальных задач, которые позволяют экономить учебное время.

1.3. ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ. СПОСОБЫ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ВИРТУАЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ СРЕДЕ

Задачи с лабораторного стола имеют большую значимость, их применение на уроках физики позволяет повысить интерес учащихся к изучению предмета, приобрести экспериментальные навыки и умения, развить критическое мышление и подготовиться в итоге к Единому Государственному Экзамену

Экспериментальные задачи включены в тесты ЕГЭ, что говорит об усилении роли таких заданий в учебном процессе по физике. Задачи по фотографиям реальных экспериментов требуют от учащихся умения распознавать лабораторное оборудование, правильно снимать показания с измерительных приборов, сопоставлять наблюдаемым физическим процессам законы физики. Рассмотрим примеры таких задач, представленных в открытом банке заданий ЕГЭ и на образовательном портале для подготовки к экзаменам.

Пример 1

Воспользовавшись оборудованием, представленным на рис. 1, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. 2), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электрометра заземлил. Соединённая с корпусом электрометра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель приподнял верхнюю пластину не смещая в бок относительно нижней (рис. 3). Как изменились при этом показания электрометра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности вы использовали для объяснения. Показания электрометра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора [21].



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Рис. 1. ЕГЭ, задание № 28, вариант № 3905114 [21]

Пример 2

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах. Чему будут равны показания вольтметра, если его подключить параллельно к резистору 2 Ом? (Ответ дайте в вольтах, вольтметр считать идеальным) [21].

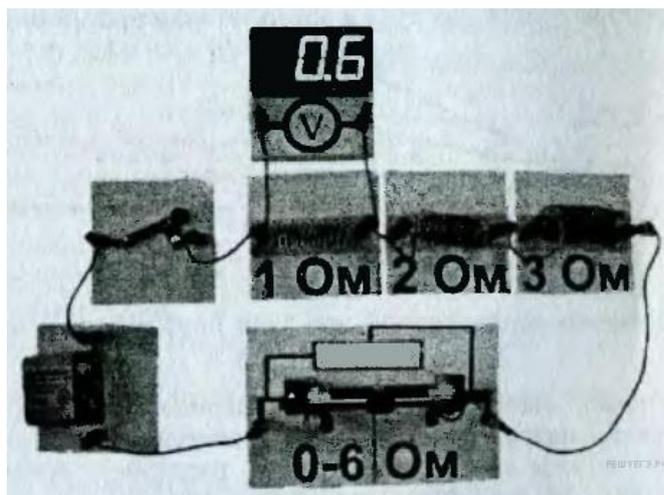


Рис. 2. ЕГЭ, задание № 14, вариант № 3905119 [21]

Пример 3

На рисунке 3 приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через металлический проводник, от напряжения на нем. Для того чтобы через резистор шел ток 0,6 А, напряжение на нем должно быть равно... [17].

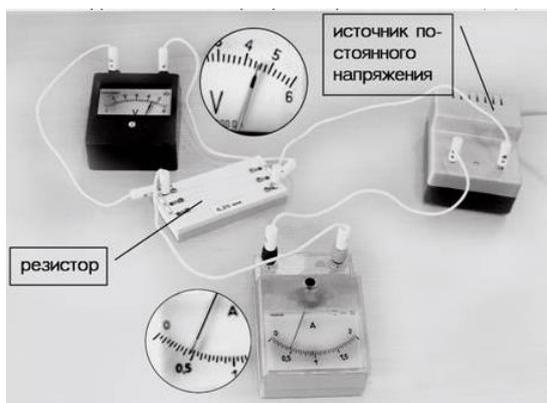


Рис. 3. ЕГЭ, раздел «Электродинамика» [17]

Пример 4

На фотографии (рис. 4) изображена электрическая цепь, состоящая из реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра. Начертите принципиальную электрическую схему этой цепи. Как изменятся (увеличатся или уменьшатся) показания амперметра и вольтметра при перемещении движка реостата влево до конца? Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики [17].

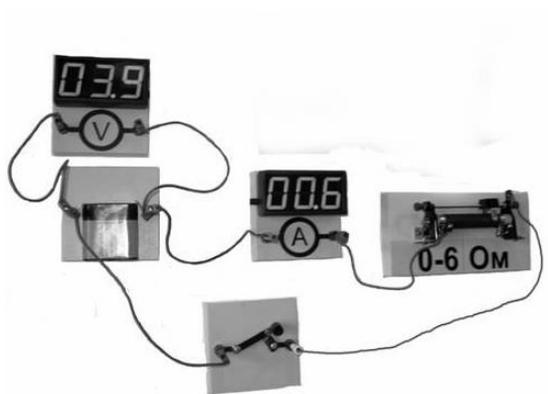


Рис. 4. ЕГЭ, раздел «Электродинамика» [17]

Несмотря на множество достоинств экспериментальных задач, их использование в ЕГЭ, такие задачи не часто применяются на уроках физики. В современных задачниках по физике и в виртуальной учебной среде экспериментальные задачи встречаются гораздо реже, чем текстовые задачи. Рассмотрим способы представления экспериментальных задач в виртуальной учебной среде.

На сайте учителя физики Э. В. Марчука представлены экспериментальные фотозадачи пяти разделов физики: механика, оптика, электричество, электромагнетизм, МКТ и термодинамика. Задачи разделяются на 3 уровня сложности. Рассмотрим примеры представленных фотозадач [31].

Пример 1

На фотографии (рис. 5) представлен рычаг, уравновешенный в горизонтальном положении совокупностью грузов, подвешенных к левому и правому плечам, а также с помощью динамометра, укрепленного на штативе в точке, соответствующей 67,3 см на линейке. Все грузы одинаковы, масса одного груза 102 г. Сколько грузов подвешено к левому плечу рычага?

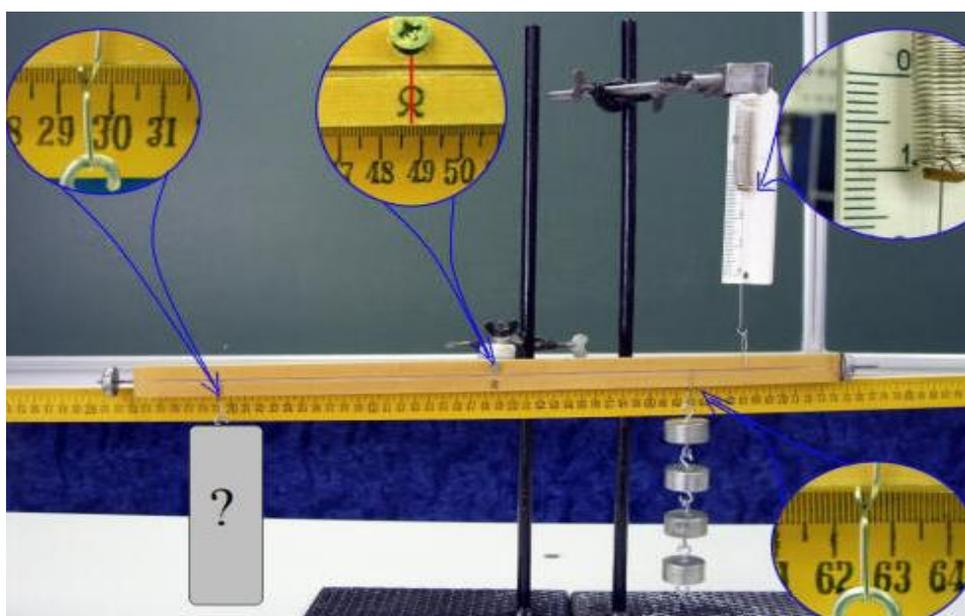


Рис. 5. Раздел механика, уровень С [31]

Пример 2

Ученик для определения относительной влажности воздуха обмотал резервуар с рабочим телом термометра тканью и погрузил в стакан с водой, укрепив его так, что часть ткани находилась в воде. По истечении 20 минут была сделана фотография данного термометра (рис. 6) и термометра укрепленного на стене для определения температуры в лаборатории. Какое значение относительной влажности воздуха в помещении получил ученик и почему показания термометра, обмотанного тканью, ниже, чем у того, который закреплен на стене.

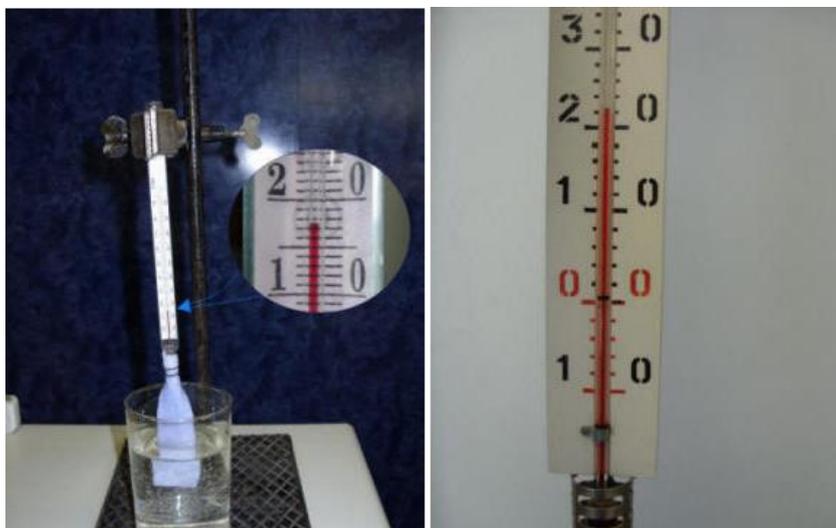


Рис. 6. Раздел «МКТ и термодинамика», уровень А [31]

Пример 3.

К источнику постоянного напряжения 4 В подключено три резистора, значение сопротивлений которых вы можете видеть на фотографии (рис. 7). Пренебрегая внутреннем сопротивлением источника тока и считая соединительные провода идеальными, определите: 1) сопротивление резистора R2; 2) напряжение на резисторе R3; 3) общее сопротивление цепи; 4) общее напряжение падающее на три резистора. Почему номинальное напряжение источника отличается от рассчитанного вами?

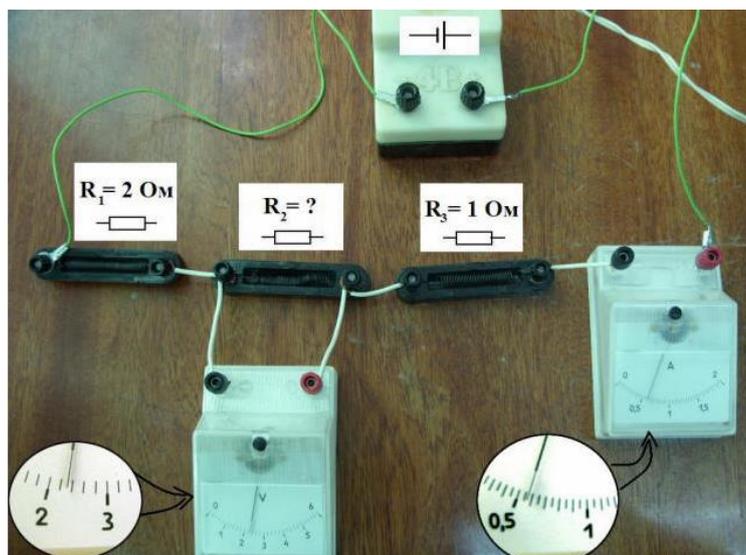


Рис. 7. Раздел «Электричество», уровень В [31]

Пример 4.

Катушка (1) из медного провода подключена к клеммам источника постоянного напряжения (2). Направление намотки провода на каркас указано черной стрелкой на левом торце катушки. При включении источника тока магнитная стрелка (3) ориентировалась в магнитном поле катушки так, как вы видите на фотографии (рис. 8). Определите направление тока в катушке и сделайте поясняющий рисунок.



Рис. 8. Раздел «Электромагнетизм», уровень В [31]

Пример 5.

На фотографии (рис. 9) вы видите лабораторную установку по изучению дифракционных спектров. Установка состоит из дифракционной решетки (1) и подвижного экрана (2) с узкой щелью в центре, который расположен на расстоянии 37 см от решетки. Кроме того, вашему вниманию представлена фотография наблюдаемой дифракционной картины. Определите период дифракционной решетки. Длину волны красного света считать равной $\lambda=760$ нм.



Рис. 9. Раздел «Оптика», уровень В [31]

Интересные видеозадачи были созданы коллективом педагогов Казанского университета под руководством А. И. Фишмана. Авторами видеороликов формулируется конкретная задача для учеников [30].

Пример 1

В видеозадаче «Маятник» (рис. 10) известно отношение длины окружности шара к длине нити, необходимо определить массу шара.



Рис. 10. Экспериментальная видеозадача «Маятник» [30]

Пример 2

В экспериментальной задаче «Нам поможет Архимед» (рис. 11) требуется определить плотность материала, из которого изготовлена линейка.



Рис. 11. Экспериментальная видеозадача «Нам поможет Архимед» [30]

Пример 3

В экспериментальной видеозадаче «Тянем прямо – едем вправо» (рис. 12) необходимо объяснить, почему брусок скользит вниз по наклонной плоскости, когда его тянут перпендикулярно скатыванию наклонной плоскости.



Рис. 12. Экспериментальная видеозадача

«Тянем прямо – едем вправо» [30]

На бесплатном онлайн-сервисе «FizPortal», руководителем которого является учитель физики высшей категории В. И. Грабцевич, в разделе «банк задач» можно найти экспериментальные задачи для подготовки к олимпиадам. Задачи представлены по следующим разделам: механика, жидкости и газы, теплота и электродинамика. Ставится вопрос задачи и перечисляется оборудование, необходимое для постановки эксперимента. Для каждой задачи представлено решение. Рассмотрим примеры таких задач.

Пример 1

Определить массу груза. Оборудование: динамометр, исследуемый груз, нить, масштабная линейка.

Пример 2

Определить плотность деревянного бруска. Оборудование: деревянный брусок, линейка, стакан с водой.

Пример 3

Определите мощность нагревателя. Оборудование: нагреватель, калориметр, сосуд с водой, мензурка, термометр, секундомер.

Пример 4

Определить ЭДС неизвестного источника тока. Оборудование: источник тока с неизвестной ЭДС, источник тока с известной ЭДС, два конденсатора одинаковой ёмкости, микроамперметр [28].

На образовательном портале «Инфоурок» экспериментальные задачи также представлены в текстовой форме. Они представляют собой описание экспериментальных действий, которые необходимо совершить учащимся, чтобы пронаблюдать явление (процесс) и ответить на поставленный вопрос. Некоторые задачи сопровождаются рисунками, на которых изображена установка или электрическая цепь, которые необходимо собрать. Рассмотрим подробнее представленные экспериментальные задачи.

Пример 1

Определите давление прямоугольного бруска на стол при различных его положениях.

Пример 2

Положите на стакан почтовую открытку, а на открытку монету. Ударьте по открытке щелчком. Почему она отлетает, а монетка падает в стакан?

Пример 3

Потрите эбонитовую палочку о сукно и, обернув её сукном, положите внутрь полого шара, укрепленного на электрометре. Выньте палочку из сукна и объясните, почему стрелка при этом отклоняется. Вставьте палочку внутрь сукна и объясните, почему стрелка возвращается в нулевое положение.

Пример 4

На весах уравновешен стакан с водой. Нарушится ли равновесие весов, если в воду погрузить карандаш и держать его в руках, не касаясь стакана? Проверьте ваш ответ на опыте [29].

Рассмотрев представленные физических учебных задач в виртуальной учебной среде, можно сделать следующие выводы:

1) количество экспериментальных задач по сравнению с текстовыми задачами значительно ниже;

2) в большинстве случаев экспериментальные задачи представлены в виде словесного описания действий, которые необходимо выполнить для постановки эксперимента и решения задачи; реже в таких задачах используются схемы установок или рисунки;

3) редко встречаются экспериментальные фотозадачи, экспериментальные видеозадачи почти не представлены, за исключением сборника видеозадач А. И. Фишмана и А.И. Скворцова;

4) тематическое разнообразие экспериментальных задач так же ограничено; в большинстве случаев представлены задачи по механике,

электродинамике, реже по молекулярной физике и почти нет задач из раздела оптики;

5) большинство экспериментальных задач приводятся без их решения.

Несмотря на широкие возможности, которые дает применение экспериментальных задач в обучении физике и использование таких задач в ЕГЭ, их представление в виртуальной среде весьма ограничено. На сегодняшний день нет полноценных сборников экспериментальных задач, в которых были бы представлены задачи по разным темам и различными способами.

Значительная часть экспериментальных задач представлена в текстовой форме, где описано оборудование и поставлен вопрос задачи. Использование таких задач в процессе обучения физике вызывает затруднения, так как не все школы имеют достаточное оборудование для экспериментов. Кроме того, подготовка и проведение эксперимента занимает большое количество времени, вследствие чего экспериментальные задачи применяются эпизодически.

ГЛАВА 2.МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ФОТО- И ВИДЕОЗАДАЧ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ

ВЫПИСКА

из протокола № 11 заседания кафедры мультимедийной дидактики и информационных технологий обучения Пермского государственного педагогического университета от 14 июня 2018 т.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: зав. кафедрой., д.п.н., профессор Е.В. Оспенникова; канд. тех. наук, профессор О.И. Мухин, кандидат физ.-мат. наук, доцент Е.А. Еремин; кандидат физ.-мат. наук, кандидат физ.-мат. наук, доцент Д.В. Баяндин; доцент, канд. пед.наук И.В. Ильин; доцент, канд. пед. наук А.А. Оспенников, асп. В.В. Аспидов; асп. В.В. Васенев; асп. Д.А. Терехин.

СЛУШАЛИ: Руководителей выпускных квалификационных работ студентов, обучающихся по направлению 09.02.03 Информационные системы и технологии , профиль «Информационные технологии в образовании» и направлению 44.04.01 Педагогическое образование, магистерская программа «Информационные системы и технологии в образовании и корпоративном обучении», о наличии в тексте ВКР сведений, имеющих действительную и/или потенциальную коммерческую ценность.

В соответствии с п.38 Приказа Министерства образования и науки РФ от 29.06.2015 № 636 «Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры» доступ лиц к текстам выпускных квалификационных работ должен быть обеспечен в соответствии с законодательством Российской Федерации, с учетом изъятия производственных, технических, экономических, организационных и других сведений, в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, о способах осуществления профессиональной деятельности, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности их третьим лицам, в соответствии с решением правообладателя.

ПОСТАНОВИЛИ: изъять из текстов выпускных квалификационных работ студента *Караваева Владимира Юрьевича* страницы с 9 по 83 и приложение, студентки *Миллер Кристины Петровны* страницы с 7 по 89 и приложение, *Спирина Евгения Валентиновича* страницы с 10 по 86 и приложение, *Волкова Данилы Сергеевича* страницы с 7 по 59 и приложение, *Бутовой Натальи Валерьевны* страницы с 19 по 46, *Ерстенюк Александры Николаевны* с 34 по 46 при размещении данных работ в электронно-библиотечной системе ПГГПУ <http://vkr.pspu.ru/>.

Зав. кафедрой МД и ИТО

профессор Е.В. Оспенникова

Секретарь

доцент И.В. Ильин

14 июня 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрена проблема применения экспериментальных фото- и видеозадач в учебном процессе по физике. В ходе проведения исследования были получены следующие результаты.

1. Выполнен анализ научно-методической литературы по проблеме применения экспериментальных задач по физике в средней школе. Раскрыто содержание понятия «экспериментальная задача», рассмотрены классификации экспериментальных задач.

2. Выполнен обзор экспериментальных задач по физике, рассмотрены способы их представления в учебной виртуальной среде. Дана оценка дидактического потенциала представленных экспериментальных задач.

3. Разработаны учебные экспериментальные фото- и видеозадачи. Создан цифровой образовательный ресурс «Экспериментальные фото- и видеозадачи по физике». В состав сборника вошли экспериментальные задачи из разделов «Механика» и «Электродинамика» по разным темам. В ресурсе представлены качественные и количественные экспериментальные задачи. Раскрыты направления применения экспериментальных фото- и видеозадач в учебном процессе по физике.

4. Проведена апробация подготовленных дидактических материалов в педагогической практике. Цифровой образовательный ресурс «Экспериментальные фото- и видеозадачи по физике» был использован на уроках в 7-11 классах учителем физики высшей категории В. Н. Визнюк (СОШ № 50, г. Пермь) и получил высокую оценку. Ресурс может быть рекомендован к применению на занятиях по дисциплине «Методика обучения физики» в педагогических вузах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипин И. Г. Экспериментальные задачи по физике в 6-7 классах: пособие для учителей / И. Г. Антипин. – Москва: Просвещение, 1974. – 127 с.
2. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы / Б.С. Беликов. – Москва. Высшая школа, 1986. – 256 с.
3. Варламов С. Д. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах / С. Д. Варламов, А. Р. Зильберман, В. И. Зинковский. – Москва: МЦНМО, 2009. – 184 с.
4. Ветрова О. М. Открытые задачи по физике [Электронный ресурс]– 2013. – URL: <http://pedsovet.su/load/72-1-0-34070> (дата обращения: 21.06.2018).
5. Воспитание креативности. [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <http://school-baby.ru/index.php/tematicheskie-zanyatiya/triz/159-vozpitanie-kreativnosti-v-seme> (дата обращения: 18.06.2018).
6. Гин А. А. Креатив-бой: как его провести / А. А. Гин, А. Ф. Кавтрев. – Москва: ВИТА-ПРЕСС, 2012. – 31с.
7. Гин А. А. Решебники открытых задач по физики и биологии [Электронный ресурс]– 2003. – URL: <https://trizway.com/art/practical/90.html> (дата обращения: 21.06.2018).
8. Зибер В. А. Задачи-опыты по физике: пособие для учителей физики средней школы / В. А. Зибер; ред. К. Н. Елизаров. – Москва: УЧПЕДИЗ, 1953. – 120 с.
9. Каменский С. Е. Методика решения задач по физике в средней школе / С. Е. Каменский, В. П. Орехов – Москва. Просвещение, 1971. – 448с.
10. Каменский С.Е. Теория и методика обучения физики в школе: общие вопросы / Каменский С.Е., Пурышева Н. С., Важеевская Н. В. – Москва. Академия, 2000. – 368с.

11. Кирьяков Б. С. Экспериментальная задача в системе дидактического обеспечения школьного курса физики / Б. С. Кирьяков, С. Г. Моисеев, С. А. Фадин // Физика в школе. – 2006. – № 1. – С. 31-37.
12. Кудинов В. В. Экспериментальные задачи и задания: понятия и классификация / В. В. Кудинов, М. Д. Даммер // Вестник ЮУрГУ. – 2010. – № 23. – с. 75-81.
13. Кулюткин Ю. Н. Эвристические методы в структуре решений / Ю. Н. Кулюткин. – Москва: Педагогика, 1970. – 232 с.
14. Оспенников А. А. Виды задач по физике и их разнообразие в традиционных и цифровых пособиях по предмету / А. А. Оспенников, Н. А. Оспенников // Вестник ПГГПУ. – 2010. – С. 79-89.
15. Оспенникова Е. В. Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе: методическое пособие / Е. В. Оспенникова. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 655 с.
16. Открытые задачи по физике [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <http://pandia.ru/text/77/445/6119.php> (дата обращения: 21.06.2018).
17. Открытый банк заданий ЕГЭ: ФИПИ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fipi.ru> (дата обращения: 10.05.2018).
18. Пёрышкин А. В. Методика преподавания физики в восьмилетней школе: пособие для учителей и студентов педвуза / А. В. Пёрышкин, Х. Д. Рошовская, Е. Н. Соколова, Н. М. Шахмаев. – Москва: Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1963. – 318 с.
19. Полицинский Е. В. Задачи по физике: методическое пособие / Е. В. Полицинский. – ИПЛ ЮФ ТПУ, 2003. – 104 с.
20. Полицинский Е. В. Задачи и задания по физике. Методы решения задач и организация деятельности по их решению: учебно-методическое пособие / Е. В. Полицинский, Е. П. Теслева, Е. А. Румбешта. – Томск: Изд-во Томского педагогического университета, 2010. – 483 с.

21. Решу ЕГЭ: образовательный портал для подготовки к экзаменам [Электронный ресурс]. – URL: <https://phys-ege.sdangia.ru> (дата обращения: 10.05.2018). (20)

22. Тарасенко Е. Ю. Роль экспериментальных задач в повышении качества знаний по физике [Электронный ресурс]. // Педагогическое мастерство: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, 12. 2012 г.). — М.: Буки-Веди, 2012. — С. 144-146. — URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/65/3060/> (дата обращения: 26.04.2018).

23. Усова А.В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики / А.В. Усова, А.А. Бобров. – Москва. Просвещение, 1988. – 112 с.

24. Усова А. В. Практикум по решению физических задач: пособие для студентов физ.-мат. ф-тов / А. В. Усова, Н. Н. Тулькибаева – Москва. Просвещение, 2001.–206с.

25. Утёмов В. В. Учебные задачи открытого типа [Электронный ресурс]. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2012. – №5. – С. 41–45. – URL: <http://e-koncept.ru/2012/1257.htm> (дата обращения: 22.06.2018).

26. Учительский портал [Электронный ресурс]. – URL: <http://uchitelya.com/fizika/12366-tipu-eksperimentalnyh-zadach.html> (дата обращения: 02.05.2018).

27. Федеральный государственный образовательный стандарт [Электронный ресурс]. – URL: <http://standart.edu.ru> (дата обращения: 02.05.2018).

28. Физический портал [Электронный ресурс]. – URL: <http://fizportal.ru/> (дата обращения: 13.05.2018).

29. Экспериментальные задачи по физике 7-11 класс: образовательный портал «Инфоурок» [Электронный ресурс]. – URL: <https://infourok.ru/eksperimentalnie-zadachi-po-fizike-klass-938136.html> (дата обращения: 13.05.2018).

30. Экспериментальные задачи [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.t-z-n.ru/preko/expzadachi.html> (дата обращения: 12.05.2018).

31. Экспериментальные физические задачи [Электронный ресурс]. – URL: <http://physikazadachi.narod.ru/index.htm> (дата обращения: 12.05.2018).