

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный педагогический университет»
Институт математики, физики, информатики
Кафедра физики, технологии и методики обучения
физике и технологии

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ПРИ РЕШЕНИИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ КАК СРЕДСТВО
ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ
ШКОЛЬНИКОВ**

Выпускная квалификационная работа

Допущено к защите
Зав. кафедрой:
доктор пед. наук, профессор,
Усольцев А.П.

дата

подпись

Исполнитель: Кудашева А.М.
Обучающийся группы ФИ-1931

подпись

Руководитель: Абдулов Р.М.,
доцент, к.п.н.

подпись

Екатеринбург 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ	6
1.1. Формирование экспериментальных умений на уроках физики	6
1.2. Экспериментальные задачи как вид учебного физического эксперимента	12
1.3. Использование цифровых лабораторий в учебном процессе по физике	22
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ	32
2.1. Экспериментальные задачи	32
2.2. Опытно-поисковая работа	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ №1	74
ПРИЛОЖЕНИЕ №2	75

ВВЕДЕНИЕ

Физика - школьный предмет, который играет важнейшую роль в формировании научного мировоззрения школьников: способствует созданию единой физической модели мира, развивает научное мышление и творческие способности учащихся. Одним из источников знаний и эффективных методов исследования в образовательном процессе этого предмета является использование учебного физического эксперимента, в частности, решение экспериментальных задач.

Решение экспериментальных задач в образовательном процессе обладает широким спектром дидактических возможностей. Их преимущества в качестве метода обучения объясняется тем, что данные задачи позволяют учащимся самостоятельно выявлять первопричину физического явления через проведение опытов. Внедрение таких задач на уроках физики способствует глубокому пониманию теоретического материала, формирование мышления и развитию экспериментальных умений.

Экспериментальные умения школьников играют важную роль на уроке физики. Эксперименты позволяют школьникам увидеть и прочувствовать законы природы на практике, а не только теоретически. Они могут самостоятельно проводить опыты, наблюдать за явлениями, измерять и анализировать результаты.

К сожалению, использование экспериментальных задач на уроках физики является не системным и беспорядочным. Это обусловлено, в частности, огромными временными затратами, связанными с их решением и подготовкой к уроку у учителя. Одна задача может занять целый урок. Для преодоления таких временных затрат существует способ - перенос решения задач на дом. Однако этот способ имеет свои недостатки, например, сложность подбора экспериментальных задач по таким темам, как электричество, электромагнитные колебания, молекулярная физика, оптика.

Одним из способов решения такой проблемы является использование на уроках физики, цифровых лабораторий. Цифровые лаборатории — это современный подход как к решению экспериментальных задач, так и в проведении фронтальных лабораторных работ, демонстрационных экспериментов.

Таким образом, благодаря цифровым лабораториям у учителя появилась возможность разнообразить виды учебного физического эксперимента и регулярно использовать в учебном процессе экспериментальные задачи. И тем самым более результативно развивать экспериментальные умения учащихся. При выполнении экспериментов с помощью цифровой лаборатории ученики не только получают практические навыки, но и развивают свои аналитические способности в области физики. Они учатся анализировать полученные экспериментальные данные, сравнивать их с теоретическими, а также делать выводы о физических законах и принципах, которые лежат в основе проведенных экспериментов.

Кроме того, анализ современной учебно-методической литературы выявил проблему – недостаточное количество методических пособий к использованию цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике. Это и обуславливает актуальность выпускной квалификационной работы.

Объектом исследования является процесс обучения физике учащихся.

Предметом – формирование экспериментальных умений учащихся при использовании в учебном процессе цифровых лабораторий.

Цель исследования: разработать методические рекомендации по использованию цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Исходя из цели, были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить научно-методическую литературу по формированию экспериментальных умений на уроке физики, конкретизировать понятие «экспериментальное умение». Определить необходимые сформированные экспериментальные умения учащегося для успешной сдачи ОГЭ.

2. Проанализировать понятие «экспериментальная задача», определить виды экспериментальных задач и выявить психолого-педагогические возможности экспериментальных задач.

3. Изучить научно-методическую литературу о применении цифровых лабораторий на уроке физики, конкретизировать понятие «цифровая лаборатория», выделить достоинства цифровых лабораторий в процессе обучения физики.

4. Составить методические разработки для учителей физики по решению экспериментальных задач с использованием цифровых лабораторий с целью формирования у учащихся экспериментальных умений.

5. Провести педагогический эксперимент в формате экспертной оценки.

Гипотеза исследования: если систематически использовать на уроках физики экспериментальные задачи, то это будет способствовать развитию у школьников экспериментальных умений.

Выпускная квалификационная работы состоит из: введения, двух глав, заключения, списка использованной литературы и двух приложений.

Список источников и литературы включает в себя 39 наименований.

Общий объем выпускной квалификационной работы составляет 76 страниц.

ГЛАВА 1. ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ

1.1. Формирование экспериментальных умений на уроках физики

В настоящее время в контрольные измерительные материалы ОГЭ по физике включено экспериментальное задание высокого уровня сложности (№17), требующее от выпускника наличие определенных сформированных навыков и умений, в частности, экспериментальных. Вообще говоря, экспериментальные умения требуются не только на ОГЭ, а уже с первых уроков по физике: понятие погрешностей, умение определять цену деления, снимать показания с приборов, умение планировать и проводить эксперимент.

Получается, что для успешной сдачи экзамена учащемуся необходимо начинать подготовку как можно раньше, а именно, в 7 классе, но это при условии, что учащийся уже определился с будущей профессией. Задание №17 – единственное задание с использованием реального физического оборудования. Данное экспериментальное задание проверяет умение проводить косвенные измерения физических величин и умение представлять опытные результаты в виде таблиц, графиков или схематических рисунков и делать выводы на основании полученных экспериментальных данных.

Как показывает статистика, большинство учащихся даже не приступают к выполнению экспериментального задания. Например, данные с сайта https://ege.midural.ru/images/CAO2023/огэ/Глава_2_-_Физика.pdf на странице 50 указывают на то, что средний процент выполнения задания №17 в Свердловской области в 2023 году – 30,42%.

Значит, для того, чтобы решение экспериментальных заданий стало более качественным, возникает необходимость создания таких методических пособий для решения экспериментальных заданий (задач), с помощью которых учащиеся за три учебных года (7-9 класс) смогут сформировать необходимые экспериментальные умения для успешной сдачи основного государственного

экзамена. Именно такие задачи будут предложены во второй главе данной выпускной квалификационной работы.

Экспериментальные умения занимают особое место среди других видов умений (познавательных, организационных, практических, исследовательских, интеллектуальных и др.), так как они выражаются в способности ученика решать поставленные перед ним задачи, через эксперимент, который важен в процессе обучения физики. Благодаря эксперименту обучающиеся познают (изучают) физические явления в специально созданных условиях.

Рассмотрим подходы к определению «*экспериментальные умения*».

А.В. Усова определяла *экспериментальные умения* как способность проводить наблюдения и эксперименты, анализировать полученные результаты, делать выводы и формулировать гипотезы на основе собственного опыта и знаний из различных областей науки. Это также включает умение работать с различными исследовательскими инструментами и технологиями [31].

В.В. Давыдов в своих работах писал, что *экспериментальные умения* - способности школьников использовать методы научного исследования и экспериментирования для решения проблем, анализа данных и выдвижения гипотез. Помимо этого, автор выделял три компонента экспериментальных умений: оперирование понятиями и определениями, проведение экспериментов и оценку результатов и выводов. Он считал, что развитие экспериментальных умений учеников способствует не только углублению знаний в конкретной области, но и формированию универсальных умений, таких как критическое мышление, логическое мышление, умение анализировать информацию и принимать обоснованные решения [10].

«*Экспериментальные умения* - способности человека к проведению экспериментов и систематическому изучению явлений и объектов», - писал в своем психологическом пособии Л.С. Выготский. Эти умения включают в себя наблюдательность, умение формулировать гипотезы, проводить и анализировать эксперименты, а также выделять причинно-следственные связи

между явлениями. Выготский считал, что развитие экспериментальных умений является важной составляющей процесса обучения и позволяет человеку более глубоко и объективно понимать мир вокруг него [6].

Известный педагог М. Монтессори в своей книге определяла *экспериментальные умения* как способность ребенка использовать свои собственные ресурсы для решения проблем и достижения конечной цели. Она считала, что через экспериментирование и опыты дети приобретают знания о мире и развивают свои навыки наблюдения, анализа и решения проблем. Экспериментальные умения включают в себя такие навыки, как исследование, открытие, творчество, инновация и самостоятельность [19].

Проанализировав вышенаписанные определения, можно сделать вывод, что общим в определениях А.В. Усовой и М. Монтессори является то, что они обе считают, что учащийся (ребенок) для решения проблемы должен использовать собственный опыт и знания из различных областей науки. Также, А.В. Усова пишет про проведение наблюдений, экспериментов и анализ данных, а В.В. Давыдов пишет про методы научного исследования. Вспомнив, какие методы входят в методы научного исследования, можно понять, что в этом месте определения термина авторы также схожи. Помимо этого, Л.С. Выготский, А.В. Усова и В.В. Давыдов в своих определениях пишут о способности в проведении экспериментов.

Несмотря на схожесть определений, каждое по-своему индивидуально. М. Монтессори занималась воспитанием младших школьников, поэтому в своем определении она указывает на то, что ребенок может опираться только на собственные ресурсы. Психолог Л.С. Выготский не занимался экспериментальной деятельностью, поэтому определил термин наиболее кратко. Педагог-психолог В.В. Давыдов довольно полно раскрыл определение и почти сошелся во мнении с А.В. Усовой, но, по нашему мнению, педагог А.В. Усова раскрыла определение термина «*экспериментальные умения*» наиболее полно, поэтому для дальнейшей работы за основу будет взято ее определение: «*Эксперимен-*

тальные умения - способность проводить наблюдения и эксперименты, анализировать полученные результаты, делать выводы и формулировать гипотезы на основе собственного опыта и знаний из различных областей науки».

Галкина Е.А., занимающаяся внеурочной деятельностью по биологии, считает, что обобщенные экспериментальные умения включают в себя:

1. Теоретические умения:
 - определение цели эксперимента;
 - формулирование проблемы и гипотезы исследования;
 - проектирование эксперимента, анализ вариантов и выбор оптимально верного варианта;
 - подбор необходимых материалов и оборудования;
 - использование учебной и научно-популярной литературы;
 - специальные умения по профилирующим дисциплинам.
2. Практические умения:
 - сборка экспериментальных установок;
 - проведение измерений (прямых и косвенных);
 - построение графиков и их анализ;
 - умение обращаться с источниками энергии и измерительными приборами;
 - конструирование приборов и формирование трудовых навыков;
 - специальные умения по профилирующим дисциплинам.
3. Организационно-коммуникативные умения:
 - организация рабочего места и планирование деятельности;
 - оформление отчетов;
 - рациональное использование рабочего времени;
 - осуществление самоконтроля;
 - сотрудничество с участниками деятельности;
 - специальные умения по профилирующим дисциплинам [7, с. 119].

Формирование экспериментальных умений у учащихся на уроках физики является важной задачей учителя. Ведь именно эти умения помогают ученикам понять основные концепции и законы физики через практическую работу и наблюдения.

Для формирования экспериментальных умений учащихся на уроках физики учителю можно использовать следующие методы и приемы:

1. Объяснение теоретической основы.

Перед проведением эксперимента учитель должен рассказать учащимся о теории и законах, которые они будут исследовать в дальнейшем на уроке физики. Такие объяснения помогут учащимся лучше понять суть проводимого эксперимента и применить теоретические знания на практике.

2. Планирование эксперимента.

Перед началом эксперимента учащиеся должны разработать план его проведения. План включает в себя определение целей эксперимента, выбор методов измерения, постановку гипотезы и определение возможных переменных. Такой подход позволит учащимся осознанно подходить к проведению эксперимента и анализировать полученные результаты.

3. Проведение опытов.

Учащимся следует предоставить возможность самостоятельно проводить опыты. Учитель лишь может предоставить необходимое оборудование, а также объяснить порядок действий и правила безопасности, а затем дать возможность учащимся самостоятельно проводить эксперименты и фиксировать полученные результаты.

4. Анализ результатов.

После проведения эксперимента учащимся необходимо проанализировать полученные данные. Они могут сравнивать результаты с ожидаемыми, а также обсуждать возможные ошибки и делать выводы на основе полученных результатов. Важно подчеркнуть, что важны не только успешные эксперименты, но и неудачные, ведь именно неудачные эксперименты могут помочь ученикам лучше понять причины и возможные пути улучшения опытов.

5. Оформление отчета.

Учащиеся должны научиться составлять отчеты о проведенных экспериментах. Это поможет им систематизировать полученные знания, а также научит их представлять результаты своей работы в понятной форме. Отчет может включать описание цели и хода эксперимента, полученные результаты, анализ ошибок и выводы.

Осуществляя данные методы и приемы на уроках физики, учитель может учащимся развить экспериментальные умения, которые будут полезны им в дальнейшем их изучении физики и других наук.

Помимо вышесказанного, в процессе формирования экспериментальных умений по физике учащийся учится представлять информацию об исследовании в следующих видах:

1. Вербальный: описание эксперимента, создание словесной модели эксперимента, фиксация внимания на измеряемых физических величинах и терминологии.

2. Табличный: заполнение таблицы данных, лежащих в основе построения графиков (здесь у учащихся возникает первичное представление о масштабах величин).

3. Графический: построение графика по табличным данным — это позволяет перейти к выдвижению гипотез о характере зависимости между физическими величинами (при этом учитель показывает преимущество в визуализации зависимостей между величинами, наглядность и многомерность).

4. Аналитический (в виде математических уравнений): здесь учащиеся учатся приводить математическое описание взаимосвязи физических величин, математическое обобщение полученных результатов.

Итого, самостоятельное проведение школьниками лабораторных работ, различных экспериментов и опытов, а также решение различных экспериментальных задач поможет школьникам сформировать такие экспериментальные умения как умение самостоятельно планировать и организовывать деятельность, собирать экспериментальную установку, умение пользоваться шкалой

прибора, проводить расчеты, предоставлять результаты измерений и вычислений в виде таблиц и графиков, делать выводы и прочее. Все перечисленные экспериментальные умения учащихся помогут им для успешной сдачи ОГЭ.

1.2. Экспериментальные задачи как вид учебного физического эксперимента

Физика — наука экспериментальная и большая часть открытий, установление законов и изучение явлений получены именно экспериментальным путем. Важно отметить, что эксперимент является неотъемлемой частью содержания физического образования, его также можно рассматривать как источник фактов и знаний о мире.

На сегодняшний день для повышения интереса обучающихся к физике, учитель на уроке использует различные виды учебных физических экспериментов. Например:

1. Демонстрационный эксперимент.
2. Лабораторная работа.
3. Физический практикум.
4. Решение экспериментальных задач.

Кроме общих задач, разрешаемых всеми видами школьного эксперимента, каждый вид имеет свою особенность, свое более узкое целевое назначение. Все эти четыре вида школьного физического эксперимента содействуют более глубокому изучению законов физики, а также приобретению учащимися необходимых экспериментальных умений.

В отличие от последнего, первые три вида учебного физического эксперимента являются самыми распространенными. Причина довольно проста - решение экспериментальных задач на уроке физики является не обязательным. К тому же различные перечни экспериментальных задач не включены в образовательные программы, а соответствующие сборники не имеют официального статуса и носят лишь рекомендательный характер. Поэтому чаще всего учителя сами решают, применять такие задачи на уроке или нет.

Кроме того, в связи с введением ФГОС появились новые элементы, подлежащие формированию, в частности – универсальных учебных действий (УУД) учащихся. Значительное влияние на развитие УУД оказывает подбор материала и создание определенного ряда наиболее эффективных, ярких и захватывающих обучающимся ученикам учебных задач. В области физики одним из примеров таких задач являются именно экспериментальные задачи.

Также, отличительной чертой экспериментальных задач является то, что их решение объясняет учащимся законы в действии, выявляет объективность законов природы и их обязательное выполнение, показывает использование людьми знаний законов природы для предвидения явлений и управления ими, а также показывает важность их изучения для достижения конкретных практических целей.

Рассмотрим различные подходы к определению термина «экспериментальная задача» по физике.

Первое упоминание об *экспериментальных задачах* появилось в пособии для учителей В.А. Зибера. Сам термин «экспериментальная задача» автор не использует, но название учебника (Задачи-опыты по физике) и постоянное использование словосочетания «экспериментальная установка» можно понять, что автор рассматривает в своей работе решение именно экспериментальных задач. В пособии рассмотрено большое количество задач для учеников 7-11 классов с условиями и дополнениями, при этом также присутствует полное решение и объяснение [13].

Один из основателей советской методики физики Знаменский П.А. в своем пособии для учителей писал, что к *экспериментальным задачам* относятся вычислительные задачи и задачи-вопросы, при решении которых используется эксперимент. Также, автор упоминает, что для одних задач с помощью эксперимента можно найти необходимые для решения задачи данные, а ответ вычислить, в других же задачах, ответ, который будет найден теоретическим путем, должен будет проверен экспериментально [14, с. 85].

«*Экспериментальные задачи* - задачи, в которых с той или иной целью используется эксперимент», - пишут С.Е. Каменецкий и В.П. Орехов [15, с.10].

Авторы отмечают, что характерной чертой таких задач является использование при решении лабораторного и демонстрационного эксперимента и затем рассматривают несколько примеров по каждому типу задач [15, с. 19].

Буров В.А. в предисловии к своему пособию писал, что основное назначение *экспериментальных заданий* – способствовать формированию у учащихся основных понятий, законов, теорий, развитию мышления, самостоятельности, практических умений и навыков, в том числе умений наблюдать физические явления, выполнять простые опыты, измерения, обращаться с приборами и материалами, анализировать результаты эксперимента, делать обобщения и выводы. Автор выделяет экспериментальные задачи как один из видов заданий, представляющие собой наблюдения, опыты и измерения, тесно связанные с темой урока [4, с. 3].

Исходя из того, что одни авторы используют термин «экспериментальная задача», а другие – «экспериментальное задание», то появляется главный вопрос - в чем различие?

Первым ответил на данный вопрос Мошков С.С. Автор дает читателю определения обоим понятиям. «*Экспериментальное задание* – задание, требующее только непосредственных измерений, без дальнейшего использования результатов этих измерений в качестве исходных данных для определения других величин или выполнения наблюдений и выделения существенных признаков явлений и объектов, их объяснения на основе имеющихся знаний», - пишет автор [20, с. 13].

А термин «*экспериментальная задача*» он понимает так: «Задача, «данные» для решения которой получаются экспериментально, непосредственно на глазах учащихся или самими учащимися. Причём в понятие эксперимента включаются и различного рода физические измерения, наблюдения физических процессов и конкретных физических установок» [20, с. 15].

Авторы Кудинов В.В. и Даммер М.Д. в своей статье пишут, что *экспериментальная задача* — это задача, которая требует использование полученных в ходе измерения данных для нахождения других величин косвенным путем. По мнению авторов, основным признаком экспериментальной задачи является

не просто наличие эксперимента, проделанного в связи с ее решением, а невозможность постановки задачи и осуществления её решения без эксперимента [16].

«*Экспериментальные задачи* – это задачи, при решении которых с той или иной целью используется эксперимент. Методика решения экспериментальных задач зависит от роли эксперимента в их решении», - пишут авторы учебно-методического пособия Е.В. Полицинский, Е.П. Теслева и Е.А. Румбешта. В данном пособии можно найти множество экспериментальных задач по таким темам механика, молекулярная физика, термодинамика, электричество, магнетизм, оптика, квантовая, атомная и ядерная физика. Также, почти на каждую задачу имеется полный ответ в конце учебника [23, с. 17].

Авторы утверждают, что преимущество экспериментальных задач перед текстовыми заключается еще и в том, что экспериментальные задачи не могут быть решены формально, без достаточного осмысления физического процесса. То, что при решении экспериментальных задач у учащихся проявляется особая активность к уроку и предмету, повышается концентрация внимания и актуализируется самостоятельность действий – является самым главным их преимуществом.

Термин «*экспериментальные задачи*» Антипин И.Г. понимает как физические задачи, постановка и решение которых органически связаны с экспериментом. Автор утверждает, что правильное решение экспериментальных задач вызывает у учеников большое удовлетворение своими знаниями [3, с. 5].

В своей статье Донскова Е.В. отмечает, что *экспериментальные задачи* – физические задачи, имитирующие научно-познавательную деятельность человека [12].

Рупасова Г.Б. в своем учебном пособии писала, что *экспериментальные задачи* – это задачи, данные для решения которых получают из опыта при демонстрации, или же при выполнении самостоятельного эксперимента [27, с.8].

«*Экспериментальная задача* — это всегда открытая (имеющая не одно, а множество приемлемых решений) познавательная задача. В результате правильно выполненного эксперимента неполное, предположительное знание

уточняется, углубляется, обретает большую достоверность (т. е. оно приобретает характер абсолютной истины)», - отмечал Старовиков М.И. в своем учебном пособии [29, с.4].

Действительно, несмотря на то что экспериментальные задачи требуют от учителя большей подготовки и выделение большей части урока на их решение, в отличие от других видов задач, именно решение экспериментальных задач влияет на качество преподавания физики и на качество усвоения темы урока учениками.

Проанализировав вышенаписанные определения, можно сделать вывод, что такие авторы как Знаменский П.А., Каменецкий С.Е., Мошков С.С., Полицинский Е.В., Антипин И.Г. и Рупасова Г.Б. сходятся во мнении, что экспериментальная задача – это задача, связанная с проведением эксперимента. Определения Бурова В.А. и Кудинова В.В. также наиболее близки к определениям вышеперечисленных авторов, оставшиеся авторы - Донскова Е.В. и Старовиков М.И., по нашему мнению, не смогли точно конкретизировать определение термина «экспериментальная задача».

Для дальнейшего исследования, за основу в данной работе будет взято определение Антипина И.Г.: *«Экспериментальные задачи — это физические задачи, постановка и решение которых органически связаны с экспериментом»*.

Рассмотрим различные подходы к классификации экспериментальных задач по физике.

Первой будет рассмотрена классификация Антипина И.Г. Автор в своем пособии делит экспериментальные задачи на *качественные* и *количественные*. В его понимании, в качественных задачах отсутствуют числовые данные и математические расчеты. В такой задаче ученик должен самостоятельно предвидеть явление, совершенное в результате опыта, или с помощью данных учителем приборов воспроизвести нужное физическое явление [3, с. 7].

Примером качественной экспериментальной задачи, используемой на уроке физики в 7 классе по теме «Закон Архимеда», может стать такая задача:

«Будут ли одинаковы выталкивающие силы, действующие на деревянный брусок, плавающий как в сосуде с водой, так и в сосуде с маслом?». Данную задачу учащиеся могут решить двумя способами: экспериментально и теоретически. В обоих случаях они придут к единому ответу - выталкивающая сила, действующая на брусок в воде и масле, будет одинакова.

Количественными экспериментальными задачами следует назвать такие задачи, решение которых осуществляется путём математической обработки данных, полученных экспериментально, в процессе их решения, то есть уже после того, как задача была поставлена. Решение таких задач начинается с планирования эксперимента, который должен быть поставлен для получения количественных данных, нужных для решения задачи.

Проще говоря, для решения количественных задач сначала производятся необходимые измерения, затем с помощью математических формул вычисляют ответ задачи.

Также, по месту эксперимента Антипин И.Г. делит экспериментальные задачи 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 самостоятельно устанавливают зависимость и взаимосвязь между конкретными физическими величинами.

3) Задачи, в условии которых дано описание опыта, а ученик 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.

6) Задачи с производственным содержанием, в которых решаются конкретные практические вопросы [3, с. 7-8].

В отличие от Антипина И.Г., авторы учебно-методического пособия Е. В. Полицинский, Е. П. Теслева и Е. А. Румбешта в своей работе классифицируют физические задачи так, что количественные, качественные, экспериментальные задачи описаны в разделе классификации физических задач по характеру и методу исследования. Авторы тщательно рассматривают данный раздел, так как именно эти задачи чаще всего используются на практике в образовательных учреждениях [23, с. 11].

Кудинов В.В. и Даммер М.Д. в своей работе предлагают классификацию экспериментальных задач по времени их использования в образовательном процессе и по отношению к изучению той или иной темы курса физики: *опережающие* (позволяют ввести новое понятие и указать его существенные признаки), *сопутствующие* (задачи, на основе которых отрабатываются существенные признаки понятия, его содержание, а также происходит его усвоение учащимися) и *завершающие* (устанавливают связь с уже изученными понятиями). Удивительно, что они, также как и другие ранее рассмотренные авторы - Антипин В.Г. и Буров В.А., основываются именно на опережающее изучение курса физики в соответствии с закономерностями эмпирического познания [16].

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.

Шилов В.Ф. разделяет задачи экспериментального характера по оборудованию, которое используется при их решении:

1. *Исследование человека.* Это задачи на определение различных параметров человека (длина шага, средняя скорость движения, работа во время ходьбы, функция сердца и т. д.).

2. *Использование предметов домашнего обихода.* Эти задачи представляют физические свойства повседневной пищи человека: соль, сахар, картофель и т. д.

3. *Использование спортивного оборудования и спортивных сооружений* (горки, качели, мячи, лыжи и т.д.).

4. *Проектирование приборов и приспособлений с последующим их использованием в домашнем эксперименте.*

5. *Задачи на использование транспортных средств* (автомобиль, велосипед и т. д.) и изучение их составляющих: двигатель внутреннего сгорания, коленчатый вал и т. д.

6. *Пользование бытовыми измерительными приборами.* Это задания на применение измерительных приборов: рулетки, мерной кружки, шприца, термометра и т.д. [39].

Донскова Е.В. классифицирует физические экспериментальные задачи на предметно-ориентированные (задачи, направленные на усвоение теоретических концепций и практических навыков в области физики через осуществление физических наблюдений, проведение экспериментов и практических опытов) и контекстные (вопросы, задачи и проблемы изначально ориентированы на значения, которые эти явления представляют для учащегося) [12].

Проанализировав вышенаписанные классификации физических экспериментальных задач, можно сделать вывод, что классификация каждого автора уникальна, но для разработки методики решения экспериментальных задач во второй главе данной работы, наиболее подходящая для нас классификация Антипина И.Г.: качественные и количественные экспериментальные задачи.

Рассмотрим методику использования экспериментальных задач в процессе обучения физики в школе.

Задачи такого типа могут быть использованы в любой части урока, но при этом цели применения, методика, а соответственно и содержание задач будут несколько различны.

1. Содержание экспериментальной задачи является *темой данного урока*. В ходе ее решения происходит усвоение новых понятий, закономерностей и зависимостей. Здесь учитель должен преподнести задачу так, чтобы у

учащихся возникло желание познать новые физические закономерности. При этом задача должна удовлетворять нескольким требованиям:

- все приборы, понятия или явления, применяемые для решения задачи, должны быть понятны и известны учащимся, за исключением одного, которое будет являться целью или темой данного урока;
- содержание задачи не должно включать в себя какие-либо подсказки для упрощения работы учащихся;
- постановки задачи учителем должно вызвать у каждого учащегося удивление и возбудить желание решить задачу первым.

2. Использование задачи в качестве ключевой иллюстрации, которая будет подтверждать теоретический вывод учащихся.

3. Применение задачи для проверки понимания теоретического материала, усваиваемого на данном уроке, или для закрепления уже пройденного материала.

4. Использование задачи при опросе ученика для выяснения на сколько глубоко он понял ранее пройденный материал. Учитель может предоставить ученику выбор необходимых приборов (больше или меньше), а ученик в ходе размышлений должен выяснить применимость каждого прибора для данной задачи.

5. Если позволяет время, то полезно иногда проводить для учащихся не-долгие упражнения по самостоятельному решению экспериментальных задач (10-15 минут) с последующим разбором и выяснение причин допущенных ими ошибок.

6. Также, полезно проводить два раза в учебный год самостоятельные работы по решению экспериментальных задач. Содержание задач, количество задачи, число вариантов, время для решения определяет учитель в зависимости от наличия лабораторного оборудования в кабинете физики.

7. Особо интересно учащимся решать экспериментальные задачи не только в школе, но и дома, поэтому важно давать еще и домашние экспериментальные задачи. При этом учитель решает будут ли они индивидуальными или общими для всех. Нужно учитывать, что необходимое оборудование

должно быть простое, которое можно найти дома или купить в ближайшем магазине.

8. Использовать экспериментальные задачи также можно и на физических вечерах. Тогда учитель должен подобрать задачу так, чтобы она отличалась от задачи, решаемых на уроке: сложнее и интереснее.

Постановка экспериментальных задач возможна и желательна во всех классах, в которых преподается физика. Вместе с тем, сущим недостатком экспериментальных задач считается тематическая ограниченность их содержания, которая в свою очередь связана со специфичностью экспериментальной базы кабинета физики по различным разделам и темам школьного курса физики.

Но, все же постановка задач такого типа связана с большими временными затратами учителя, которые не всегда можно считать оправданными. Поэтому учителю важно применять в образовательном процессе разные способы предъявления экспериментальных задач, позволяющие экономить учебной время.

Решение экспериментальных задач, по сравнению с другими задачами, на уроке физики имеет ряд явных преимуществ.

Во-первых, эксперименты на уроке физики делают учебный процесс более интересным и познавательным для школьников. Возможность самостоятельно проводить опыты и видеть их результаты на практике делает обучение более запоминающим и стимулирует учеников к активной учебной деятельности.

Во-вторых, процесс решения задач позволяет школьникам применить теоретические знания на практике и убедиться в их применимости в реальной жизни. Это способствует лучшему усвоению материала и повышению интереса к изучению предмета.

В-третьих, эксперименты на уроке развивают учеников как мыслителей и исследователей. Такие задачи учат анализировать полученные данные, делать выводы, выдвигать гипотезы и проверять их. Это особенно важные

навыки, которые пригодятся не только в учебе, но и в будущей профессиональной деятельности.

Наконец, решение экспериментальных задач способствует формированию и развитию экспериментальных умений учащихся. Они учатся работать с приборами, проводить измерения, обрабатывать данные: а это помогает им лучше понимать принципы работы различных физических явлений и законов.

Нельзя не забывать, что в современный урок физики все чаще приходят информационные технологии: мультимедийные презентации, компьютеры с проекционными устройствами, интерактивные доски, электронные учебники, видеоролики, анимации, программы-тренажеры и цифровые лаборатории.

На сегодняшний день цифровые лаборатории являются одними из современных систем, способных обеспечить достижение учащимися предметных, метапредметных и личностных результатов. Новейшее оборудование позволяет проводить эксперименты с высокой точностью измерений. Это значит, что в школе, где присутствует цифровая лаборатория по физике, учитель может организовать деятельность учащихся по решению не только экспериментальных задач, но других видов учебной деятельности.

1.3. Использование цифровых лабораторий в учебном процессе по физике

В ФГОС прописано, что одним из предметных результатов на базовом уровне, которые учащиеся приобретают на уроках физики, должно стать умение «проводить прямые и косвенные измерения физических величин с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов» [33].

Так как учебный физический эксперимент, проводимый с помощью традиционного оборудования уже не может в полной мере обеспечить вышеизложенное требование в современной школе, то существует необходимость внедрения в школьный физический эксперимент цифровое измерительного оборудования.

Один из способов использования цифрового измерительного оборудования на уроке физики — цифровая лаборатория. Она способствует формированию интереса у учащихся к изучению физики за счет внедрения личностно ориентированных технологий, нестандартного подхода к материалу и учета индивидуальных особенностей учеников при выполнении различных экспериментов. Цифровая лаборатория помогает сформировать представления у учащихся о значимости эксперимента в процессе познания.

Рассмотрим подходы к определению термина «цифровая лаборатория».

В своей статье Федорова Ю.О. пишет, что *цифровые лаборатории* - оборудование и программное обеспечение для проведения демонстрационного и лабораторного эксперимента на занятиях естественнонаучного цикла [35].

«Цифровые лаборатории — это комплекты учебного оборудования и программного обеспечения для проведения демонстрационных экспериментов, лабораторных работ и учебных исследований», - пишет Гурьянов В.А.[9].

Стоит отметить, что цифровые лаборатории как новое средство реализации учебного физического эксперимента появилось в России в 1994 году. Но только спустя десятилетие, в 2003 году, образовательные организации г. Москвы стали активно внедрять в учебный процесс лаборатории «Архимед» для проведения физического, биологического и экологического эксперимента.

Проблемой применения цифровых лабораторий в учебном физическом эксперименте в общеобразовательной школе активно занималась Петрова М. А. В своей диссертации она создала комплекс работ физического практикума для 10, 11 классов и систему фронтальных лабораторных работ для 8, 9 классов общеобразовательной школы с применением средств цифровых лабораторий «Архимед» [22].

Также, проблемой применения цифровой лаборатории «Архимед» при постановке учебно-физического эксперимента занимались Абдулов Р.М. В своей работе они рассмотрели использование лаборатории при изучении темы «Равноускоренное движение» [1].

«Цифровая лаборатория — это комплект, состоящий из датчиков для измерения и регистрации различных параметров, интерфейса для сбора данных и программного обеспечения, визуализирующего экспериментальные данные на экране», - крупно выделяют авторы методического пособия «Точка Роста» [18].

В монографии для учителей физики Федорова Н.Б. пишет: *«Цифровая лаборатория* — это новое поколение школьных естественно-научных лабораторий, которые разработаны для проведения фронтальных и демонстрационных опытов, для организации учебных исследований и исследовательских практик» [34].

Использование цифровых лабораторий позволяет ознакомиться с различными областями науки: информационные технологии, современное оборудование исследовательской лаборатории, математические функции и графики, математическая обработка экспериментальных данных, статистика, приближенные вычисления, методика проведения исследований, составление отчетов и презентация проделанной работы и много другое.

Рассмотрим преимущественные стороны применения цифровых лабораторий в учебном процессе по физике.

Во-первых, датчики цифровой лаборатории легко можно адаптировать к любому уроку физики 7-9 класса, при этом не исключая и традиционное лабораторное оборудование в кабинете физики.

Во-вторых, использование цифровых лабораторий связано с наиболее распространенным методом познания в обучении предметам естественно-научной направленности - наглядность, что дает возможность быстрее и глубже усвоить изучаемую тему, а также повышает мотивацию учащихся при изучении предмета «физика».

В-третьих, цифровые лаборатории позволяют учителю сократить время на организацию и проведение экспериментальных работ, они повышают точность измерений, а также предоставляют большие возможности по обработке и анализу полученных данных.

В-четвертых, благодаря мобильности такой лаборатории, учителю и ученикам предоставляется оборудование для полевых исследований, которого ранее было менее эффективно и результативно.

В-пятых, датчики позволяют проводить несколько экспериментов одновременно, что определенно сокращает временные ресурсы, которые так необходимы учителю на уроке.

В-шестых, интерфейс программного оборудования на ПК любой цифровой лаборатории прост и понятен интуитивно, что позволяет учителю не тратить большое количество времени на объяснение того, как пользоваться программой. Также, некоторые цифровые лаборатории позволяют подключать датчики как с помощью кабеля, так и с помощью устройства Bluetooth.

В-седьмых, использование на уроке цифровой лаборатории дает возможность разнообразить формы межличностного общения между участниками образовательного процесса.

Наконец, использование цифровых физических учебных лабораторий полностью соответствует требованиям ФГОС основного общего образования, способствует развитию у учащихся *экспериментальных умений*, а также современных способов продуктивной деятельности и формированию познавательной, информационной и коммуникативной активности.

В основе каждой лаборатории лежит измерение цифровым датчиком или мультидатчиком. Рассмотрим описание и характеристики используемых цифровых датчиков лаборатории «Научные развлечения» с официального сайта [37], которые применяются для решения экспериментальных задач во второй главе данной работы:

- Датчик силы (рисунок 1).

Используется в задачах № 3, 4, 5, 12.

Датчик имеет пластиковый корпус, в котором установлен силовой элемент с двумя взаимно перпендикулярными крепежными отверстиями и винтом для фиксации датчика. Измеряемое усилие прикладывается к съемному крюку или к съемной опорной площадке. Для установки датчика на горизонтальной поверхности используется подставка, которая вкручивается в силовой

элемент корпуса вместо фиксирующего винта. Имеет функцию «Коррекция нуля».

Представление данных на мониторе компьютера: график зависимости силы от времени (F от t).

Характеристики:

- диапазон измерений: от -20 Н до $+20$ Н;
- погрешность измерений: не более 5% ;
- время отклика: не более $0,1$ с.



Рисунок 1. Датчик силы

- Датчик расстояния ультразвуковой (рисунок 2).

Используется в задаче № 2.

Его действие основано на излучении коротких импульсов ультразвуковых волн и измерении времени, через которое волна, отраженная от объекта, возвращается к датчику. Приемный элемент совмещен с передающим элементом.

Представление данных на мониторе компьютера: график зависимости расстояния от времени (l от t).

Характеристики:

- диапазон измерений: $0,15$ м до 10 метров (как показывает практика датчик начинает «барахлить» после отметки в $0,7$ метров);
- погрешность измерений: не более 1% ;
- частота ультразвуковой волны: 49 кГц.



Рисунок 2. Датчик расстояния ультразвуковой

- Датчик температуры термопарный (рисунок 3).

Используется в задачах № 6, 7, 8.

Предназначен для регистрации температуры твердых и газообразных химически неактивных сред. Выполнен на основе термопарного чувствительного элемента (спай), который расположен на конце отрезка термопарной проволоки, заключенной в термостойкую изолирующую оболочку. Другой конец отрезка термопарой проволоки подключен к электронному блоку датчика.

Представление данных на мониторе компьютера: график зависимости температуры от времени (T от t).

Характеристики:

- единица измерения: $^{\circ}\text{C}$;
- пределы измерений по трем диапазонам: до 100°C , до 400°C , до 1000°C ;
- погрешность измерения — не более 10°C .



Рисунок 3. Датчик температуры термопарный

- Датчик напряжения 25 В (рисунок 4).

Используется в задачах № 9, 10.

Предназначен для регистрации напряжения в электрических цепях постоянного и переменного тока. Имеет два режима работы - «Постоянный ток» и «Переменный ток».

Представление данных на мониторе компьютера: график зависимости напряжения от времени (U от t).

Характеристики:

- пределы измерения: от -25 В до 25 В ;
- погрешность измерений: не более 3%
- диапазон частот переменного напряжения: от 10 до 1000 Гц .



Рисунок 4. Датчик напряжения

- Датчик тока 2,5 А (рисунок 5).

Используется в задачах № 9, 10.

Предназначен для измерения силы тока в цепях постоянного и переменного тока. Его действие основано на регистрации напряжения, возникающего на резисторе известного номинала (шунте) при протекании по нему тока. Имеет два режима работы - «Постоянный ток» и «Переменный ток».

Представление данных на мониторе компьютера: график зависимости силы тока от времени (I от t).

Характеристики:

- пределы измерения: от -2,5 А до 2,5 А;
- погрешность измерений: не более 3%;
- диапазон частот переменного напряжения: от 10 до 1000 Гц.



Рисунок 5. Датчик напряжения

- Датчик магнитного поля (рисунок 6).

Используется в задаче № 11.

Выполнен на базе вмонтированного в микросхему полупроводникового чувствительного элемента и состоит из измерительного щупа и электронного блока. Чувствительный элемент смонтирован на конце щупа и ориентирован таким образом, что регистрируется составляющая индукции магнитного поля

направленная вдоль оси щупа. Датчик обеспечивает измерение индукции магнитного поля в двух диапазонах. Датчик имеет функцию «Коррекция нуля»,

Представление данных на мониторе компьютера: график зависимости индукции магнитного поля от времени (B от t).

Характеристики:

- пределы измерений в двух диапазонах: от -5 мТл до 5 мТл, от -40 мТл до 40 мТл;
- погрешность измерения: не более 5% ;
- время отклика: не более $0,1$ с.



Рисунок 6. Датчик магнитного поля

При проведении любого вида практикума с помощью цифровой лаборатории любого типа, учителю необходимо учесть следующие виды работ с обучающимися:

1. Ознакомить их с основными возможностями программы сбора, обработки и анализа данных.
2. Обговорить правила подключения датчиков при проведении первых измерений.
3. Рассказать и показать возможности программного обеспечения для обработки результатов измерений.
4. Научить обрабатывать данные проведенных работ.

Очевидно, что работа обучающихся с цифровыми лабораториями в первую очередь развивает в них практические навыки работы, поскольку благодаря цифровой лаборатории у учеников появляются совершенно новые инструменты для проведения учебного физического эксперимента.

Что касается решения экспериментальных задач на уроке физики, то использование цифровой лаборатории дает ряд таких главных преимуществ:

1. Измерение результатов нескольких процессов одновременно.

2. Доступность изучения как быстро протекающих, так и замедленных процессов.
3. Подключение датчиков не только к компьютеру, но и к мобильному телефону (не все).
4. Возможность многократного повторения эксперимента.
5. Мониторинг полученных экспериментальных данных и выявление оптимального значения исходя из графика.

Но, несмотря на многие преимущества использования цифровых лабораторий на уроке физики, в том числе и для решения экспериментальных задач, были отмечены и недостатки:

1. Необходимость дополнительного обучения учителей и адаптации новых ресурсов для интеграции в учебный процесс.
2. Дороговизна оборудования (как цифровых лабораторий, так и персональных компьютеров).
3. При составлении плана урока, учитель должен учитывать определенные гигиенические требования непрерывного использования компьютера на уроке (например, в 7 классе обучающиеся могут работать на уроке непрерывно за компьютером всего 20 минут).

Тем не менее, цифровые лаборатории позволяют познакомить учащихся с различными физическими явлениями в более упрощенной форме проведения, облегчается и ведение отчетности для учителя. При этом больше внимания можно уделить сущности изучаемых процессов и физических явлений. Также, такие лаборатории имеют важное значение для организации и физического практикума исследовательского характера. В учебном процессе, в котором используются такие средства обучения, появляется дополнительная возможность развития познавательного интереса учащихся, формируются представления о базовых методах современной экспериментальной физики, а также развиваются умения работать с нетекстовыми источниками информации.

Подводя итог, можно отметить, что главным преимуществом цифровых лабораторий является замена огромного количества измерительных приборов.

К примеру, датчик силы, в отличие от простого динамометра, может измерить силу любого значения, а мультидатчик может заменить сразу несколько датчиков, что значительно экономит место. Это значит, что современные цифровые лаборатории можно и нужно использовать для показа учебного физического эксперимента, в частности, при решении экспериментальных задач на уроке физики в основной школе для формирования экспериментальных умений школьников.

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

2.1. Экспериментальные задачи

Экспериментальные задачи можно использовать на протяжении всего курса физики, но для того, чтобы проверить целесообразность применения цифровых лабораторий для решения таких задач, были подобраны и решены задачи для 7-9 класса по таким темам как:

1. Физика и её роль в познании окружающего мира (Определение размеров малых тел).
2. Движение и взаимодействие тел (Равномерное движение).
3. Движение и взаимодействие тел (Сила упругости. Закон Гука).
4. Движение и взаимодействие тел (Сила упругости. Закон Гука).
5. Давление твердых тел и жидкости (Закон Архимеда).
6. Тепловые явления (Теплоемкость вещества).
7. Тепловые явления (Испарение).
8. Тепловые явления (Остывание).
9. Электрические и магнитные явления (Смешанное соединение проводников).
10. Электрические и магнитные явления (Закон Ома для участка цепи).
11. Электрические и магнитные явления (Магниты и их свойства).
12. Механические явления (Сила трения скольжения).

Применение цифровой лаборатории к решению ниже представленных экспериментальных задач вовсе не обязательно, а всего лишь дополнительно для реализации принципов наглядности и для побуждения самостоятельности обучающихся на уроке физики.

Каждая задача сопровождается фотографиями установки и скриншотом результата проведенного эксперимента. Подчеркнутый снизу текст в ходе работы — это те числовые данные или вывод, который должен получить и записать ученик в ходе проведенного эксперимента.

Каждая из экспериментальных задач может использоваться любым учителем физики в любой школе при условии наличия используемой в задаче цифровой лаборатории. Любую из задач можно использовать как дополнение к теме урока или как проблемный вопрос на предстоящую тему урока.

Каждый учитель вправе применять свои критерии оценивания выполнения той или иной экспериментальной задачи.

Рассмотрим примеры экспериментальных задач, решаемых с использованием цифровых лабораторий «Научные развлечения» и «Releon»:

1. Измерение размеров малых тел

Задача: найдите значение диаметра металлической проволоки двумя различными способами.

Оборудование: микроскоп, ноутбук, программа «Releon Camera», медицинский шприц и намотанная на него проволока, калибратор с для микроскопа, линейка школьная, калькулятор.

Цель решения задачи: сравнить значения диаметров металлической проволоки d и d_0 , полученные соответственно с помощью электронного микроскопа и вычисления методом рядов.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Releon Camera». Соберите установку (рис. 1), состоящую из микроскопа, калибратора для микроскопа, медицинского шприца и намотанного на него проволоки (рис. 2), так, чтобы на экране ноутбука можно было увидеть одновременно и калибратор, и проволоку.



Рис. 1 - Установка задачи №1

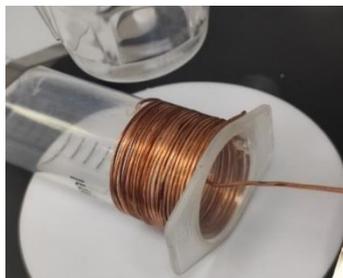


Рис. 2 - Проволока, намотанная на шприц

2. На панели управления слева нажмите на кнопку «Эталон» (рис. 3) и проведите линию на экране между двумя соседними штриховками на линейке калибратора (рис. 4). В строку эталона впишите значение 1 мм.

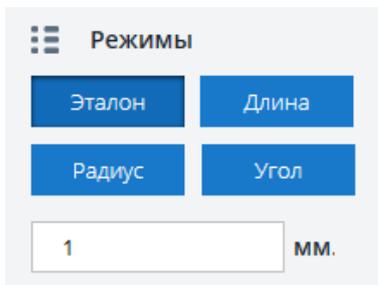


Рис. 3 - Эталон в 1 мм



Рис. 4 - Проведенная линия на калибраторе для определения эталона

3. На панели управления слева нажмите на кнопку «Длина» и проведите линию на экране так, чтобы измерить диаметр намотанной проволоки (рис. 5). Значение диаметра можно увидеть на экране в правом нижнем углу. В данном случае диаметр проволоки: $d = \underline{0,68 \text{ мм.}}$

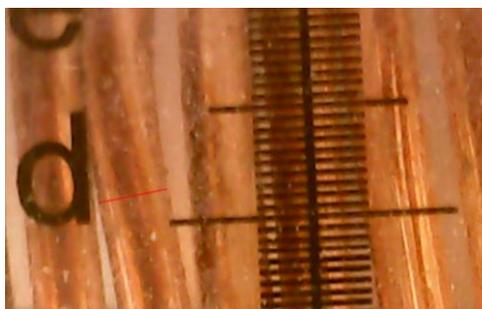


Рис. 5 - Измерение диаметра проволоки

4. Посчитайте диаметр проволоки с помощью известных значений величин длины намотанной проволоки и количества обмоток методом рядов:

$$d_0 = \frac{l}{n} = \frac{16 \text{ мм}}{21} = 0,76 \text{ мм} \quad (1)$$

5. Сравните в ответе два полученных значения диаметра проволоки d и d_0 и сделайте вывод.

Ответ: диаметр d проволоки, вычисленный с помощью цифровой лаборатории равен 0,68 мм, диаметр проволоки d_0 , вычисленный с помощью метода рядов равен 0,78 мм. Второе значение диаметра больше первого больше из-за расстояния между двух соседних рядов проволоки.

2. Изучение зависимости пути от времени при равномерном движении

Задача: определите скорость и перемещение детской заводной машинки.

Оборудование: датчик расстояния, ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», лабораторный штатив с лапкой и муфтой, детская заводная машинка, метр демонстрационный (линейка), калькулятор.

Цель решения задачи: с помощью графика зависимости координаты от времени, определить скорость тела и его перемещение при равномерном прямолинейном движении.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик расстояния. Соберите установку, состоящую из штатива, лапки и муфты, датчика расстояния, прилегающей к нему демонстрационной линейке и детской заводной машинки. (рис. 6).



Рис. 6 - Установка задачи №2

2. Установите машинку на расстоянии $x_0 = \underline{20 \text{ см}}$ от датчика (рис. 7).



Рис. 7 - Детская заводная машинка

3. Запустите измерения в программе (Ctrl+S) и приведите в движение машинку. Как только машинка преодолит отметку в $x = \underline{110 \text{ см}}$, остановите измерения (Ctrl+T).

4. Проверьте на правильность полученный график равномерного движения (рис. 8).

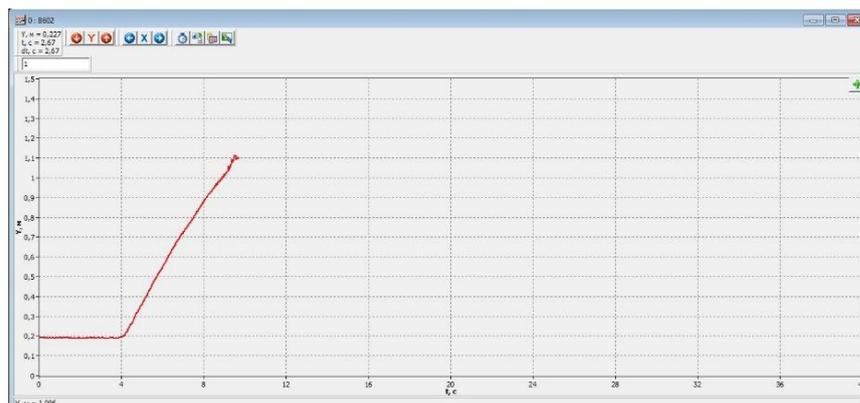


Рис. 8 - График равномерного движения детской заводной машинки

5. Определите перемещение тела с помощью известных значений величин начальной и конечной координат по формуле:

$$S = \frac{x}{x_0} = \frac{1,1 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} = 0,9 \text{ м} \quad (2)$$

6. Определите скорость тела с помощью известных значений величин пройденного пути (перемещение) и затраченного времени по формуле ниже, запишите полученные значения скорости и перемещения в ответ:

$$v = \frac{S}{t} = \frac{0,9 \text{ м}}{6 \text{ с}} = 0,15 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3)$$

Ответ: скорость v детской заводной машинки равна $0,15 \text{ м/с}$, ее перемещение $S - 0,9 \text{ м}$.

3. Определение жесткости двух пружин

Задача: определите величину коэффициента жесткости двух разных пружин.

Оборудование: датчик силы, ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», 2 штатива с лапкой и муфтой, 3 груза массой 100 г ., 2 пружины разной жёсткости, школьная линейка, калькулятор.

Цель решения задачи: определить и сравнить величины коэффициентов жесткости двух разных пружин.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик силы. Соберите установку, состоящую из штатива, лапки, муфты, датчика силы и первой пружины (рис. 9).



Рис. 9 - Установка задачи №3

2. Обнулите датчик. Запустите измерения в программе (Ctrl+S). Подвесьте к датчику силы первый груз и убедитесь, что на датчик действует сила равная 1 Н (рис 10).

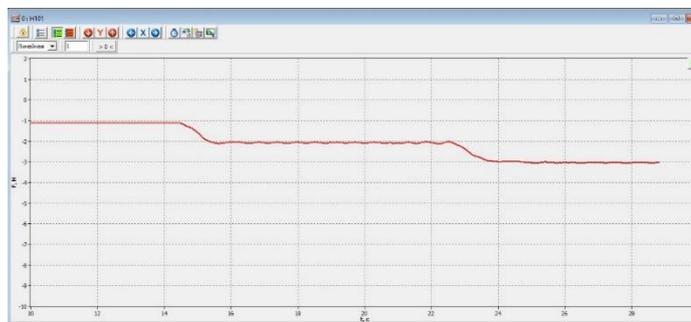


Рис. 10 - График изменения силы тяжести при подвешивании грузов

3. Если все верно, то подвесьте на пружину оставшиеся два груза, при этом каждый раз записывая в таблицу №1 значения удлинения первой пружины.

Таблица 1 - Нахождение коэффициента жесткости пружины №1

№ груза	Удлинение пружины Δx_1 , м	Сила упругости F, Н	Коэффициент жесткости пружины k_1 , Н/м
1	<u>0,04</u>	<u>1</u>	<u>25</u>
1, 2	<u>0,08</u>	<u>2</u>	<u>25</u>
1, 2, 3	<u>0,12</u>	<u>3</u>	<u>25</u>

4. Повторите предыдущий пункт, но уже со второй пружинной. Запишите полученные значения в таблицу №2.

Таблица 2 - Нахождение коэффициента жесткости пружины №2

№ груза	Удлинение пружины Δx_2 , м	Сила упругости F, Н	Коэффициент жесткости пружины k_2 , Н/м
1	<u>0,065</u>	<u>1</u>	<u>15</u>
1, 2	<u>0,13</u>	<u>2</u>	<u>15</u>
1, 2, 3	<u>0,195</u>	<u>3</u>	<u>15</u>

5. Определите величину коэффициента жесткости первой пружины с помощью известных значений величин удлинения первой пружины и силы упругости по формуле:

$$k_1 = \frac{F}{\Delta x_1} = \frac{3 \text{ Н}}{0,12 \text{ м}} = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (4)$$

6. Определите величину коэффициента жесткости второй пружины с помощью известных значений величин удлинения второй пружины и силы упругости по формуле:

$$k_2 = \frac{F}{\Delta x_2} = \frac{3 \text{ Н}}{0,195 \text{ м}} = 15 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (5)$$

7. Сравните в ответе полученные значения величин коэффициентов жесткости обеих пружин.

Ответ: коэффициент жесткости k_1 первой пружины равен 25 Н/м, коэффициент жесткости k_2 равен 15 Н/м. Чем больше коэффициент жесткости пружины, тем сложнее ее растянуть, следовательно, удлиниться пружина может на меньшее расстояние.

4. Определение общей жесткости двух пружин при параллельном и последовательном соединениях

Задача: определите общую величину коэффициента жесткости двух разных пружин при их последовательном и параллельном соединениях.

Оборудование: датчик силы, ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», 2 штатива с лапкой и муфтой, 3 груза одинаковой массы, 2 пружины разной жёсткости, школьная линейка.

Цель решения задачи: определить и сравнить общие величины коэффициентов жесткости пружин при параллельном и последовательном соединениях.

Ход работы:

1. Запустите программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик силы. Соберите установку, состоящую из штатива, лапки, муфты, датчика силы и двух пружин, соединенных последовательно (рис. 11)



Рис. 11 - Последовательное соединение пружин

2. Обнулите датчик. Запустите измерения в программе (Ctrl+S). Измерьте общее удлинение двух пружин, соединенных последовательно. Запишите результаты в таблицу №3.

Таблица 3 - Нахождение коэффициента жесткости пружин

№ пружины	Удлинение пружины Δx , м	Сила упругости F , Н	Жесткость пружины k , Н/м
1	<u>0,04</u>	<u>1</u>	<u>25</u>
2	<u>0,065</u>	<u>1</u>	<u>15</u>
1 и 2: при последовательном соединении	<u>0,105</u>	<u>1</u>	<u>9,375</u>
1 и 2: при параллельном соединении	<u>0,025</u>	<u>1</u>	<u>40</u>

3. Повторите этапы № 2-4, но соединив пружины параллельно (рис. 12).



Рис. 12 - Параллельное соединение пружин

4. Запишите величины коэффициентов жесткости k_1 и k_2 каждой пружины из предыдущей задачи в таблицу №3.

5. Определите общую величину коэффициента жесткости двух пружин, соединенных последовательно с помощью известных значений величин удлинения пружины и силы упругости по формуле:

$$k_3 = \frac{k_1 * k_2}{k_1 + k_2} = \frac{25 * 15}{25 + 15} = \frac{375}{40} = 9,375 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (6)$$

6. Определите общую величину коэффициента жесткости двух пружин, соединенных параллельно с помощью известных значений величин удлинения пружины и силы упругости по формуле:

$$k_4 = k_1 + k_2 = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}} + 15 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (7)$$

7. Сравните в ответе полученные значения величин коэффициентов жесткости обеих пружин, соединенных параллельно и последовательно.

Ответ: коэффициент жесткости k_3 двух последовательно соединенных пружин равен 9,375 Н/м, коэффициент жесткости k_4 двух параллельно соединенных пружин равен 40 Н/м. Чтобы получить большее удлинение пружин и меньший коэффициент жесткости, пружины нужно соединить параллельно, и наоборот.

5. Определение плотности жидкости

Задача: определите величину плотности подсолнечного масла.

Оборудование: датчик силы, ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», лабораторный штатив с лапкой и муфтой, мензурка объемом 150 мл, масло подсолнечное, груз металлический массой 100 г, калькулятор.

Цель решения задачи: найти величину плотности подсолнечного масла и сравнить полученное значение с табличным.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик силы.
2. Соберите установку, состоящую из штатива, лапки и муфты, датчика сила и прикрепленного к нему металлического груза (рис. 13).

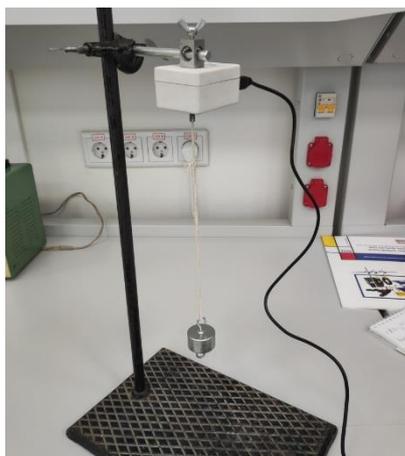


Рис. 13 - Установка задачи №5

3. Обнулите датчик. Запустите измерения в программе (Ctrl+S) и измерьте значение веса груза в воздухе (рис. 14). Остановите измерения (Ctrl+T)

и запишите полученное значение, не обращая внимания на отрицательный знак силы: $P_1 = 0,96 \text{ Н}$ (на рисунке внизу слева).



Рис. 14 - График изменения веса тела в воздухе

4. Налейте подсолнечное масло в мензурку так, чтобы груз смог плавать (рис. 15). Определите объем металлического груза, измерив сначала объем масла без груза, а затем объем масла и груза, погруженного в него:

$$V_T = V_2 - V_1 = 150 \text{ мл} - 137 \text{ мл} = 13 \text{ мл} = 13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (8)$$



Рис. 15 - Груз в подсолнечном масле

5. Снова запустите измерения в программе (Ctrl+S) и измерьте значение веса груза в масле (рис. 16). Остановите измерения (Ctrl+T) и запишите полученное значение, не обращая внимания на отрицательный знак силы: $P_2 = 0,84 \text{ Н}$ (на рисунке внизу слева).

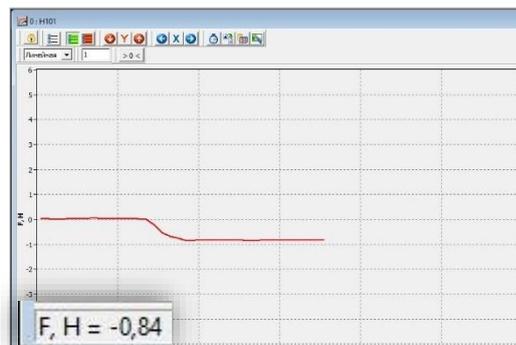


Рис. 16 - График изменения веса тела в подсолнечном масле

6. Определите величину плотности подсолнечного масла с помощью известных значений величин веса груза и в масле и объема груза по формуле:

$$F_A = P_1 - P_2 = \rho_{\text{ж}} * g * V_T \quad (9)$$

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{P_1 - P_2}{g * V_T} = \frac{0,96\text{Н} - 0,84\text{Н}}{9,8 * 13 * 10^{-6} \text{ м}^3} = 942 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (10)$$

7. Сравните в ответе полученное значение плотности подсолнечного масла, вычисленного экспериментальным путем с табличным значением.

Ответ: табличное значение подсолнечного масла около 930 кг/м³, а экспериментальное равно 942 кг/м³, погрешность вычислений составляет 2%, следовательно, эксперимент был произведен верно.

6. Определение теплоемкости металлической кружки

Задача: найдите величину теплоемкости металлической кружки, теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Прим.: не используйте горячую воду, это может повлиять на ход эксперимента; не путайте теплоёмкость и удельную теплоёмкость.

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик температуры, металлическая кружка или калориметр, вода, чайник.

Цель решения задачи: с помощью смешивания холодной и теплой воды, определить величину теплоемкости металлической кружки.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик температуры. Запустите измерения в программе (Ctrl+S).

2. Отмерьте 100 мл. холодной воды и налейте в металлическую кружку. С помощью датчика измерьте температуру воды: $t_1 = \underline{27,5} \text{ } ^\circ\text{C}$ (на рисунке внизу слева) (рис. 17).

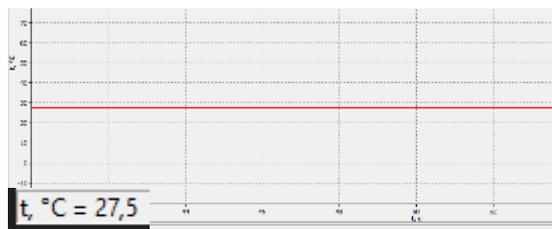


Рис. 17 - График измерения холодной воды

3. Отмерьте 100 мл. теплой воды в любой другой емкости, с помощью датчика измерьте ее температуру: $t_2 = \underline{55,7}$ °C (на рисунке внизу слева) (рис. 18).

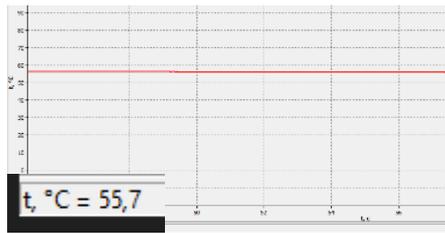


Рис. 18 - График измерения теплой воды

4. Смешайте в металлической кружке холодную и теплую воду. Снова измерьте температуру воды: $t_3 = \underline{38,4}$ °C (на рисунке внизу слева) (рис. 19).



Рис. 19 - График измерения смешанной воды

5. Рассчитайте теплоемкость металлической кружки с помощью уравнения теплового баланса (т.к. нужно пренебречь потерей теплоты, то сумма системы равна нулю):

$$Q_T + Q_X + Q_{кр} = 0 \quad (11)$$

$$Q_T = c_{\text{воды}} m_T (t_3 - t_2) - \text{тепло, которое отдаст теплая вода} \quad (12)$$

$$Q_X = c_{\text{воды}} m_X (t_3 - t_1) - \text{тепло, которое примет холодная вода} \quad (13)$$

$$Q_{кр} = C_{\text{кружки}} (t_3 - t_1) - \text{тепло, которое получит кружка} \quad (14)$$

6. Подставим уравнения 2-4 в уравнение 1 и вычислим неизвестную величину $C_{\text{кружки}}$:

$$c_{\text{воды}} m_T (t_3 - t_2) + c_{\text{воды}} m_X (t_3 - t_1) + C_{\text{кружки}} (t_3 - t_1) = 0 \quad (15)$$

$$C_{\text{кружки}} = \frac{-c_{\text{воды}} m_T (t_3 - t_2) - c_{\text{воды}} m_X (t_3 - t_1)}{(t_3 - t_1)} \quad (16)$$

$$C_{\text{кружки}} = \frac{-4200 * 0,1 * (38 - 55) - 4200 * 0,1 * (38 - 28)}{38 - 28} = 247 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}} \quad (17)$$

8. В ответе запишите величину теплоемкости металлической кружки и предложите способ для нахождения ее удельной теплоемкости.

Ответ: удельная теплоемкость металлической кружки равна 247 Дж/С, зная массу кружки m и теплоемкость кружки C , по формуле $c = C \cdot m$, можно найти удельную теплоемкость металлической кружки.

7. Сравнение скорости испарения различных жидкостей

Задача: сравните величины скорости испарения воды, спирта, перекиси водорода.

Прим.: все жидкости должны быть одинаковой температуры.

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик температуры, вода, спирт, перекись водорода.

Цель решения задачи: сравнить величины скорости испарения с поверхности щупа датчика температуры воды, спирта и перекиси водорода. Рассчитать на сколько процентов охладилась каждая жидкость, сравнить результаты расчетов.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик температуры.

2. Начертите таблицу и записывайте в нее результаты всех дальнейших измерений пунктов 3-6 (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнение скорости испарения различных жидкостей

	Вода	Спирт	Перекись водорода
Начальная температура жидкости, t_1 °С	<u>24,6</u>	<u>24,9</u>	<u>25</u>
Конечная температура жидкости, t_2 °С	<u>18,3</u>	<u>16,4</u>	<u>19</u>
Охлаждение жидкости, $100 - \left(\frac{t_2}{t_1} \cdot 100\right) \%$	<u>26%</u>	<u>34%</u>	<u>24%</u>

3. Запустите измерения в программе (Ctrl+S). С помощью датчика измерьте начальную температуру воды $t_{в1}$ (на рисунке внизу слева) (рис. 20).

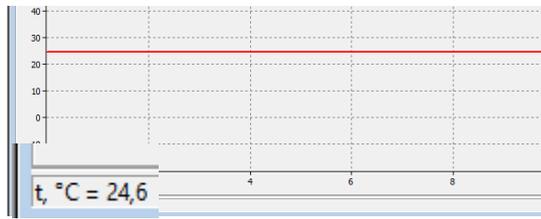


Рис. 20 - Измерение начальной температуры воды

4. Достаньте датчик и держите прямо. Запустите новое измерение данных. Подождите 90 секунд, пока вода будет испаряться с датчика температуры, остановите измерение. Запишите конечную температуру воды $t_{в2}$ (на рисунке внизу слева) (рис. 21).



Рис. 21 - Измерение конечной температуры воды

5. Повторите действия 2-3, но уже для второй жидкости – спирта (на рисунках внизу слева) (рис. 22, 23).



Рис. 22 - Измерение начальной температуры спирта

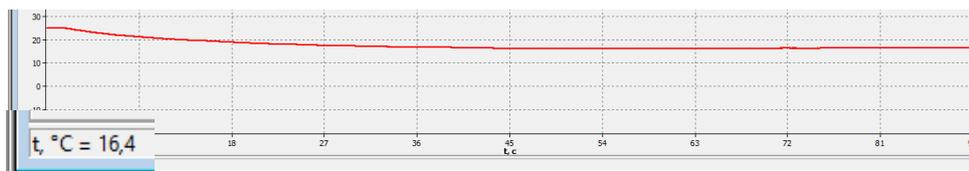


Рис. 23 - Измерение конечной температуры спирта

6. Снова повторите действия 2-3, но уже для третьей жидкости – перекиси водорода (на рисунках внизу слева) (рис. 24, 25).

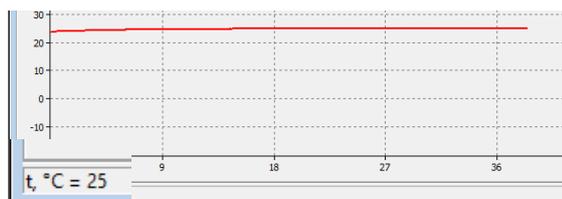


Рис. 24 - Измерение начальной температуры перекиси водорода

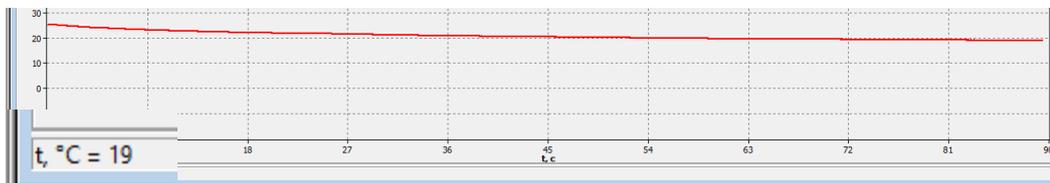


Рис. 25 - Измерение конечной температуры перекиси водорода

7. Рассчитайте по формуле ниже процент охлаждения каждой жидкости и результаты внесите в таблицу:

$$100 - \left(\frac{t_2}{t_1} \cdot 100 \right) \% \quad (18)$$

8. Сравните три последних вычисленных результата. Объясните, с чем связана разница в скорости испарения жидкости в поверхности щупа.

Ответ: вода охладилась на 26% процентов, спирт – на 36%, перекись водорода – на 24%. В данном случае скорость испарения зависит только от плотности жидкости: более плотная жидкость – перекись водорода ($\rho=1,4\text{г/см}^3$) испаряется медленнее, а менее плотная жидкость – спирт ($\rho = 0,8\text{г/см}^3$) испаряется быстрее.

8. Изучение явления остывания воды

Задача: сравните величины скорости остывания воды в кружке без теплоизоляции и с теплоизоляцией – в термосе.

Прим.: температура воды должна быть максимальной (сразу после того как вскипел чайник).

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик температуры, вода, чайник, кружка без теплоизоляции, термос.

Цель решения задачи: сравнить величины скорости остывания воды в кружке без теплоизоляции и в термосе и рассчитать на сколько процентов охладилась каждая жидкость, сравнить результаты расчетов.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик температуры.
2. Начертите таблицу и записывайте в нее результаты всех дальнейших измерений пунктов 3,4 (таблица 5).

Таблица 5 – Изучение закона остывания воды в кружке и в термосе

	Кружка	Термос
Начальная температура жидкости, t_1 °C	<u>87,6</u>	<u>94,9</u>
Конечная температура жидкости, t_2 °C	<u>65,1</u>	<u>84,5</u>
Охлаждение жидкости, $100 - \left(\frac{t_2}{t_1} \cdot 100\right)$	<u>26%</u>	<u>11%</u>

3. Налейте в кружку только что вскипячённую воду. Запустите измерения в программе (Ctrl+S). С помощью датчика измерьте начальную максимальную температуру воды t_1 в кружке (на рисунке внизу слева). Подождите 15 минут пока вода будет остывать. После истечения времени остановите измерение данных и запишите конечную температуру воды t_2 (на рисунке внизу справа) (рис. 26).

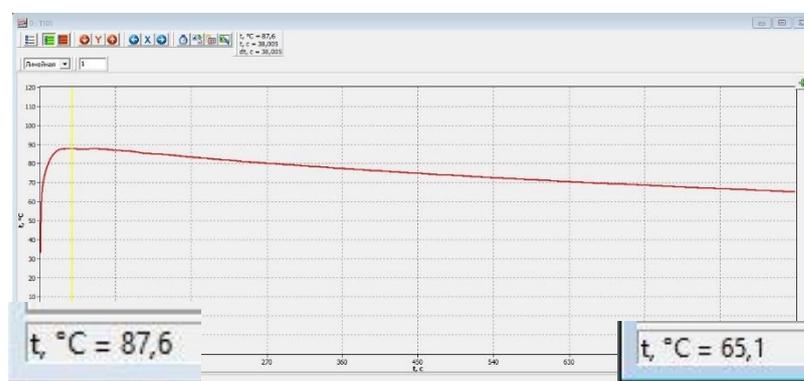


Рис. 26 - График остывания воды в кружке без термоизоляции

4. Снова вскипятите воду в чайнике и аккуратно налейте воду в термос. Запустите измерения в программе (Ctrl+S). С помощью датчика измерьте начальную максимальную температуру воды t_1 в термосе (на рисунке внизу слева). Подождите 15 минут пока вода будет остывать. После истечения времени остановите измерение данных и запишите конечную температуру воды t_2 (на рисунке внизу справа) (рис. 27).

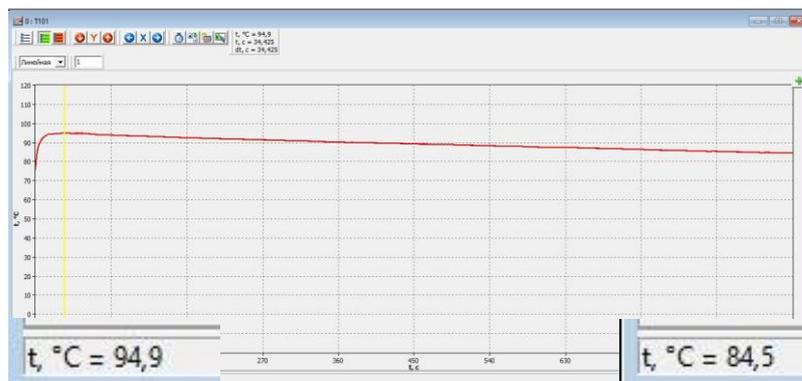


Рис. 27 – График остывания воды в термосе

5. Рассчитайте по формуле ниже процент охлаждения каждой жидкости и результаты внесите в таблицу:

$$100 - \left(\frac{t_2}{t_1} \cdot 100 \right) \% \quad (18)$$

6. Сравните два последних вычисленных результата. Объясните, с чем связана такая большая разница в значениях.

Ответ: вода в кружке без термоизоляции за 15 минут от максимального значения начальной температуры остыла на 26%, в термосе – на 11%. Большая разница в значениях связана с тем, что термос – это теплоизоляционная посуда для продолжительного сохранения более высокой или низкой температуры продукта, поэтому, даже начальная максимальная температура вода в термосе была больше, чем в стакане, при условии, что вода в обоих случаях вскипела только что, а в стакане без теплоизоляции вода начинала остывать мгновенно.

9. Расчет сопротивления при смешанном соединении резисторов

Задача: найдите величину сопротивления резистора, используя схему ниже (рис. 28).

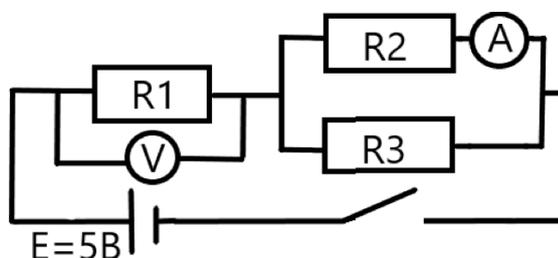


Рис. 28 – Схема смешанного соединения резисторов

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик тока, датчик напряжения, три резистора неизвестного одинакового сопротивления, соединительные провода, источник тока, ключ.

Цель решения задачи: используя предоставленную схему, нужно рассчитать сопротивление любого резистора (одинаковы), при этом измерить напряжение U и силу тока I можно только на участках, указанных в цепи (А и В). Сравнить полученное значение сопротивления с реальным сопротивлением резистора.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик напряжения и датчик тока.
2. Соберите схему, как указано на рис. 28 (рис. 29).

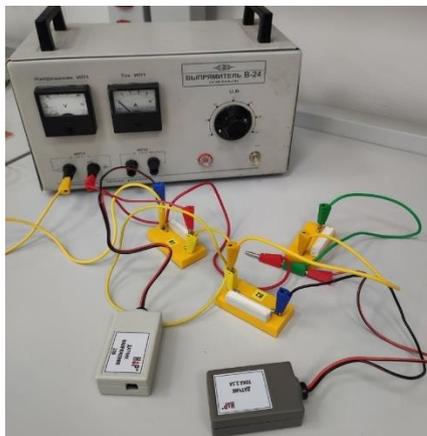


Рис. 29 – Собранная схема

3. Запустите одновременное измерение в программе (Ctrl+S) силы тока и напряжения на разных участках цепи. Запишите результаты: $U_1 = 2,02$ В, $I_2 = 0,45$ А (рис. 30).

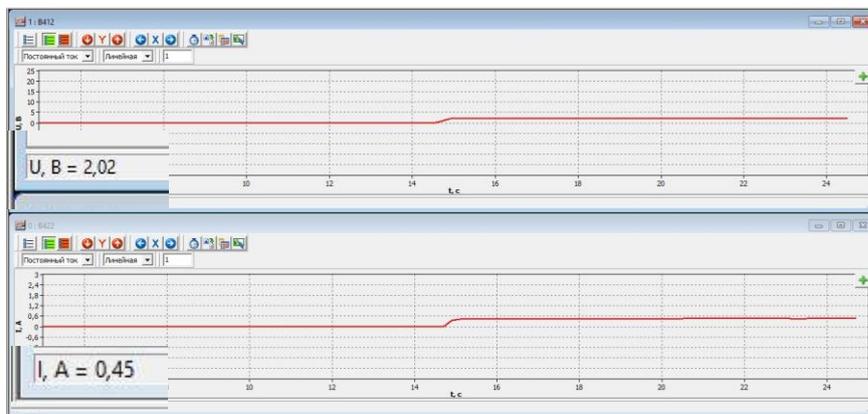


Рис. 30 – Результаты измерения силы тока и напряжения на разных участках цепи

4. С помощью формул ниже рассчитайте неизвестное сопротивление резистора:

$$I_{23} = I_2 + I_3 = 0,45 \text{ A} + 0,45 \text{ A} = 0,9 \text{ A} - \text{исходя из параллельного соединения резисторов} \quad (19)$$

$$I_1 = I_{23} = I = 0,9 \text{ A} - \text{исходя из последовательного соединения резисторов} \quad (20)$$

$$I = \frac{U_1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{2 \text{ В}}{0,9 \text{ А}} = 2,22 \text{ Ом} \quad (21)$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 2,22 \text{ Ом} \quad (22)$$

5. Сравните полученное значение сопротивления резистора с сопротивлением, указанным на резисторе.

Ответ: на резисторе указано, что его сопротивление равно 2 Ом, экспериментальное значение равно 2,22 Ом, второе значение больше первого на 11%, следовательно, задача решена верно.

10. Изучение закона Ома для участка цепи

Задача: найдите величину сопротивления резистора, используя схему ниже (рис. 31).

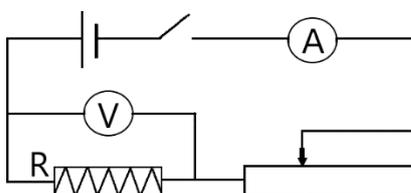


Рис. 31 – Схема для расчета величины сопротивления резистора

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик тока, датчик напряжения, реостат, резистор неизвестной величины сопротивления, соединительные провода, источник тока, ключ.

Цель решения задачи: изучить зависимость силы тока и напряжения, построить график зависимости силы тока и напряжения для нахождения неизвестной величины резистора, проверить значение с реальным.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик напряжения и датчик тока.

2. Соберите схему, как указано на рис. 31 (рис. 32).

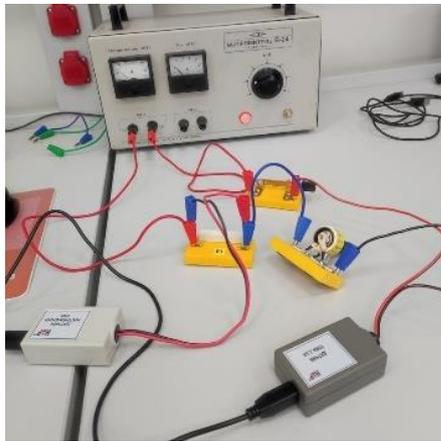


Рис. 32 - Собранная схема

3. Начертите таблицу и записывайте в нее результаты всех дальнейших измерений пунктов 4-6 (таблица 6).

Таблица 6 – Изучение закона Ома для участка цепи

№	Положение ползунка реостата	Напряжение U, В	Сила тока I, А	Сопротивление R, Ом
1	Крайнее левое	<u>1,56</u>	<u>0,28</u>	<u>5,5</u>
2	1/3 от левого конца	<u>1,9</u>	<u>0,34</u>	<u>5,5</u>
3	Середина реостата	<u>2,17</u>	<u>0,39</u>	<u>5,6</u>
4	1/3 от правого конца	<u>2,49</u>	<u>0,44</u>	<u>5,7</u>
5	Крайнее правое	<u>3,31</u>	<u>0,59</u>	<u>5,6</u>

4. Запустите измерение в программе (Ctrl+S). Изменяя положение ползунка реостата (крайнее левое, 1/3 от левого конца, середина реостата, 1/3 от правого конца, крайнее правое) произведите измерение силы тока I в цепи и напряжения U на концах спирали.

5. Используя результаты измерений, в программе Excel постройте график зависимости силы тока I от напряжения U (рис. 33).

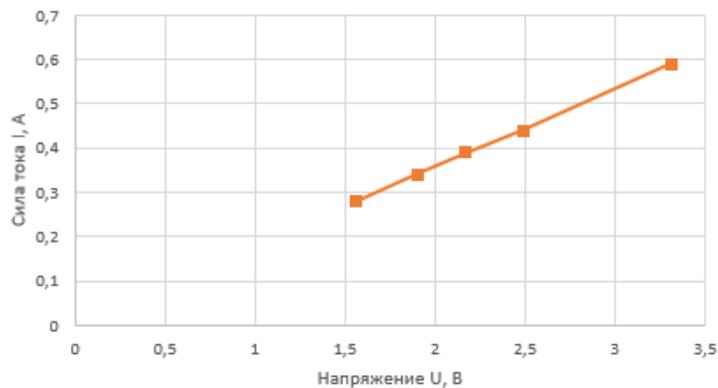


Рис. 33 – График зависимости силы тока от напряжения

6. С помощью формулы ниже вычислите величины сопротивления резистора в каждом положении ползунка реостата:

$$R = \frac{U}{I} \quad (23)$$

7. По формуле ниже вычислите среднее значение величины сопротивления резистора:

$$R_{\text{ср}} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5} = \frac{5,5 * 2 + 5,6 * 2 + 5,7}{5} = 5,6 \text{ Ом} \quad (24)$$

8. В ответе напишите о зависимости силы тока I от напряжения U , а также вычисленную величину резистора, сравните ее с реальной величиной.

Ответ: зависимость силы тока I от напряжения U является прямопропорциональной. Величина резистора равна 5,6 Ом, реальная – 6 Ом. Разница вычислений - 8%, следовательно, эксперимент был произведен верно.

11. Изучение магнитных свойств магнита

Задача: постройте графики зависимости величины магнитной индукции от времени, используя картинку ниже (рис. 34), где цифры 1-3 – положение датчика около магнита.

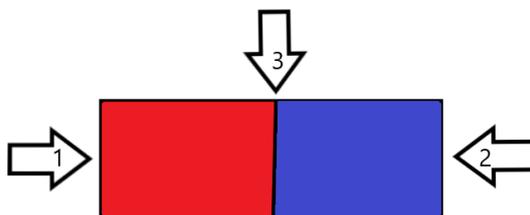


Рис. 34 – Постоянный магнит

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик магнитного поля, линейка.

Цель решения задачи: изучить величины магнитной индукции в разных местах постоянного магнита – около южного, северного полюса и посередине магнита.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик магнитного поля. Запустите измерение в программе (Ctrl+S).

2. Начинайте приближать щуп датчика к южной стороне постоянного магнита (стрелка №1), постройте график зависимости величины магнитной индукции от времени (рис. 35).



Рис. 35 – Южная сторона магнита

3. Запустите измерение заново. Начинайте приближать щуп датчика к середине постоянного магнита (соединение южного и северного сторон) (стрелка №2), постройте график зависимости величины магнитной индукции от времени (рис. 36).

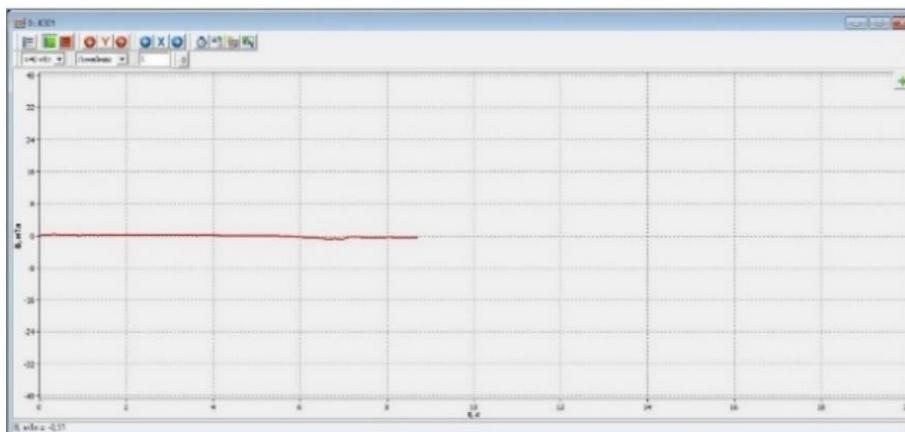


Рис. 36 – Середина магнита

4. Запустите измерение заново. Начинайте приближать щуп датчика к северной стороне постоянного магнита (стрелка №3), постройте график зависимости величины магнитной индукции от времени (рис. 37).

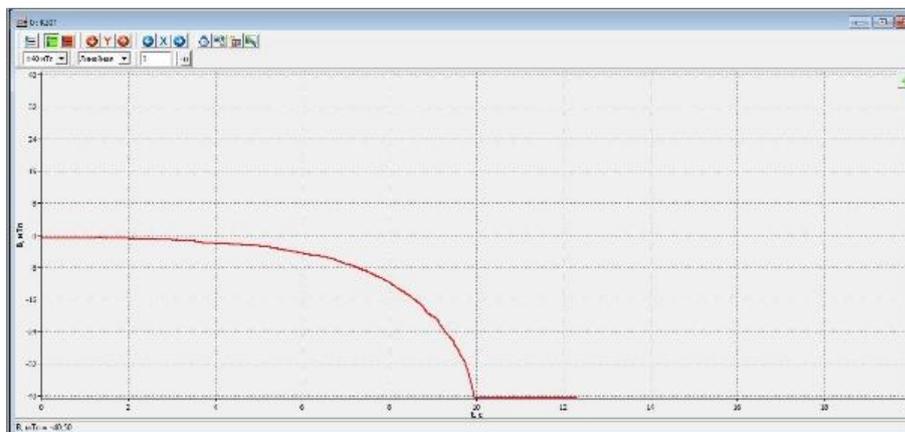


Рис. 37 – Северная сторона магнита

5. В ответе запишите почему при приближении щупа к южной, северной стороне и посередине магнита получились абсолютно разные графики.

Ответ: величина магнитной индукции B около южной стороны магнита всегда положительна, поэтому при приближении щупа видно, как со временем растёт график от 0 до 40 мТл. И наоборот, около северной стороны магнита величина магнитной индукции B уменьшается от 0 до -40 мТл. Логично, что посередине магнита величина B всегда равна 0 мТл.

12. Расчет значения коэффициента трения на различных поверхностях

Задача: рассчитайте значение коэффициента трения двух различных поверхностей (гладкая и не гладкая) о тело.

Оборудование: ноутбук, программа «Цифровая лаборатория по физике», датчик силы, каретка, 3 груза одинаковой массы, метр демонстрационный (линейка), штатив, лапка, муфта, скотч, вода, весы.

Цель решения задачи: рассчитать значения коэффициентов трения каретки с грузами о гладкую и негладкую поверхности, сравнить полученные значения.

Ход работы:

1. Запустите на ноутбуке программу «Цифровая лаборатория по физике» и подключите к ней датчик силы. Соберите установку, состоящую из штатива, лапки, муфты, демонстрационной линейки поднятой на 30° , каретки с грузами, датчика силы (рис. 38).

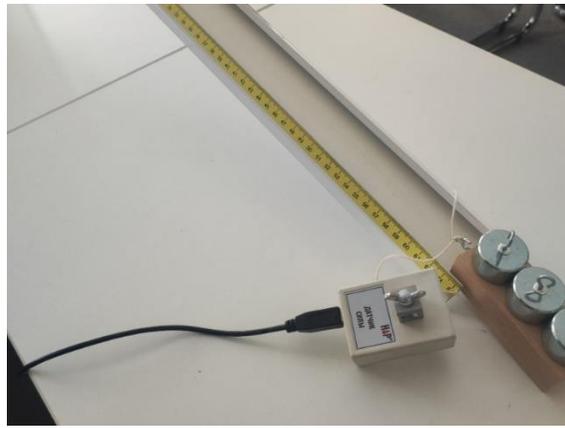


Рис. 38 – Установка задачи №12

2. С помощью весов измерьте массу каретки с тремя грузами:
 $m = \underline{0,65}$ кг.

3. Обнулите значение и запустите измерение в программе (Ctrl+S). Плавно начинайте тянуть каретку с грузами вверх. Не смотря на отрицательный знак, по графику определите среднее значение силы тяги по гладкой поверхности $F_1 = \underline{1,76}$ Н (рис. 39).

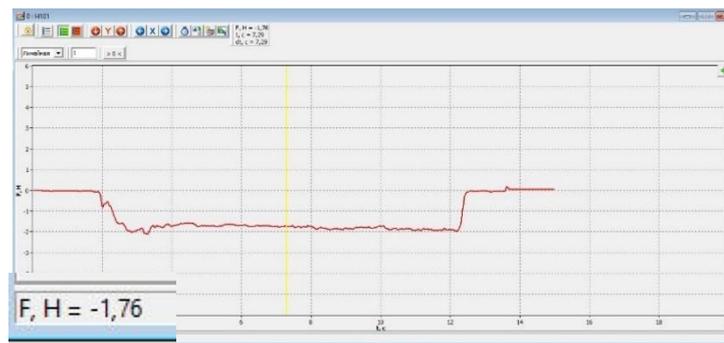


Рис. 39 – График силы тяги по гладкой поверхности

4. Наклейте на поверхность линейки малярный скотч, чтобы придать «шершавую» поверхность. Снова обнулите значение и запустите новое измерение в программе (Ctrl+S). Плавно начинайте тянуть каретку с грузами вверх. Не смотря на отрицательный знак, по графику определите среднее значение силы тяги по негладкой поверхности $F_2 = \underline{2,8}$ Н (рис. 40).

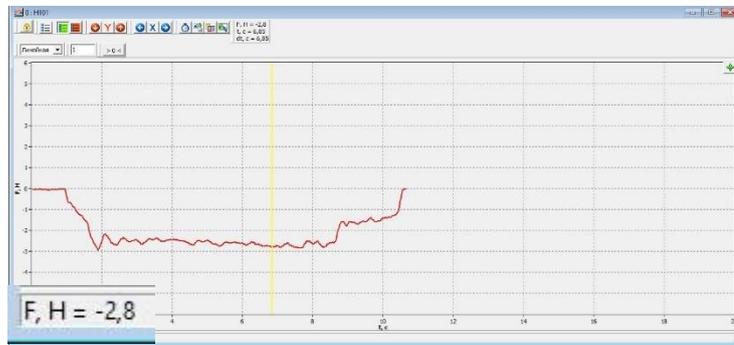


Рис. 40 – График силы тяги по негладкой поверхности

5. По формулам ниже рассчитайте значение коэффициентов трения о гладкую и негладкую поверхности.

$$\vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{трения}} + \vec{N} + m\vec{g} = 0 \quad (25)$$

$$\begin{cases} F_{\text{тяги}} \cos \alpha = \mu N \\ mg = F_{\text{тяги}} \sin \alpha + N \end{cases} \quad (26)$$

$$\mu = \frac{F_{\text{тяги}} \cos \alpha}{mg - F_{\text{тяги}} \sin \alpha} \quad (27)$$

$$\mu_1 = \frac{1,76 * 0,87}{6,5 - 1,76 * 0,5} = 0,27 \quad (28)$$

$$\mu_2 = \frac{2,8 * 0,87}{6,5 - 2,8 * 0,5} = 0,47 \quad (29)$$

6. В ответ запишите вычисленные значения коэффициентов трения о гладкую и негладкую поверхности, сравните значения.

Ответ: коэффициент трения μ_1 о гладкую поверхность равен 0,27, о негладкую – 0,47. Чем больше поверхность «шершавая», тем больше коэффициент трения.

2.2. Опытнo-поисковая работа

В результате опытнo-поисковой работы был проведен опрос среди студентов старших курсов института математики, физики, информатики, которые в настоящее время работают учителями физики в образовательных организациях, а также среди действующих учителей физики Свердловской области и других регионов России. Опрос был создан с помощью Яндекс-формы и отправлен студентам и учителям через электронные почты и мессенджеры.

Для перехода на опрос, пройдите по ссылке: <https://forms.yandex.ru/u/6620aef384227c2e8d70a3ad/> или по QR-коду ниже (рисунок 7):



Рисунок 7 – Ссылка на опрос

Целью опроса было выяснение знаний учителей о том, что такое цифровые лаборатории, об использовании в педагогической деятельности цифровых лабораторий, а также подтверждение актуальности выпускной квалификационной работы.

Опрашиваемый были предложены следующие вопросы:

1. *В каком регионе Вы работаете учителем?*
2. *Каков ваш педагогический стаж работы?*
3. *Знаете ли Вы, что такое цифровые лаборатории?*
 - Да
 - Нет
4. *Для каких видов учебных физических экспериментов на уроке физики Вы используете цифровые лаборатории?*
 - Не использую цифровые лаборатории.
 - Показ демонстрационного эксперимента.
 - Проведение лабораторных работ.

- Проведение физического практикума.
- Решение экспериментальных задач.

5. *Согласны ли Вы, что применение цифровых лабораторий на уроке физики имеет ряд таких преимуществ:*

- Не использую цифровые лаборатории.
- Датчики легко можно адаптировать к любому уроку физики, при этом не исключая и традиционное лабораторное оборудование.
- Использование цифровых лабораторий связано с наиболее распространенным методом познания - наглядность, что дает возможность быстрее и глубже усвоить изучаемую тему.
- Позволяют учителю сократить время на организацию и проведение экспериментальных работ, повышают точность измерений, а также предоставляют большие возможности по обработке и анализу данных.
- Благодаря мобильности, учителю и ученикам предоставляется оборудование для полевых исследований.
- Датчики позволяют проводить несколько экспериментов одновременно, что определенно сокращает временные ресурсы.
- Интерфейс программного оборудования на ПК любой цифровой лаборатории прост и понятен интуитивно, что позволяет учителю не тратить большое количество времени на объяснение того, как пользоваться программой.
- Дает возможность разнообразить формы межличностного общения между участниками образовательного процесса.
- Соответствует требованиям ФГОС СОО, способствует развитию у учащихся экспериментальных умений, а также современных способов продуктивной деятельности и формированию познавательной, информационной и коммуникативной активности.

6. *Согласны ли Вы, что применение цифровых лабораторий на уроке физики имеет ряд таких недостатков:*

- Не использую цифровые лаборатории.
- Необходимость дополнительного обучения учителей и адаптации новых ресурсов для интеграции в учебный процесс.
- Дороговизна оборудования (как цифровых лабораторий, так и персональных компьютеров).
- При составлении плана урока, учитель должен учитывать определенные гигиенические требования непрерывного использования компьютера на уроке.
- Ограниченность в темах предмета «физика».

7. Пользовались ли бы Вы методическими разработками по использованию цифровых лабораторий по решению экспериментальных задач на уроке физики в 7-9 классах?

- Да
- Нет

Результаты опроса представлены ниже:

В каком регионе Вы работаете учителем?

На дату 20.06.2024 в опросе приняло участие 35 учителей физики: большинство из Свердловской области - 21 человек, другие участники работают на территориях таких республик как Башкортостан, Татарстан и Карелии; Московской, Волгоградской, Оренбургской, Тверской, Ярославской и Ростовской областях, а также в Пермском крае.

Каков ваш педагогический стаж работы?



Знаете ли Вы, что такое цифровые лаборатории?

Знаете ли Вы, что такое цифровые лаборатории?

35 ответов

Да

35 100%

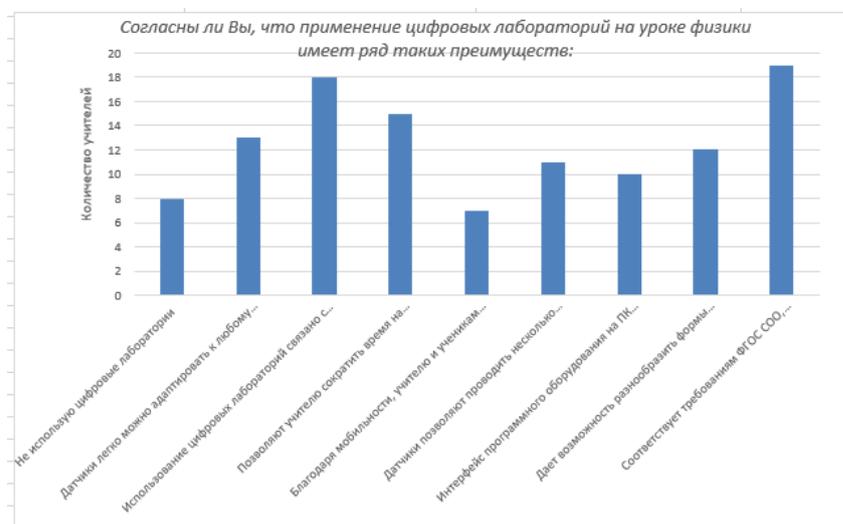
Нет

0

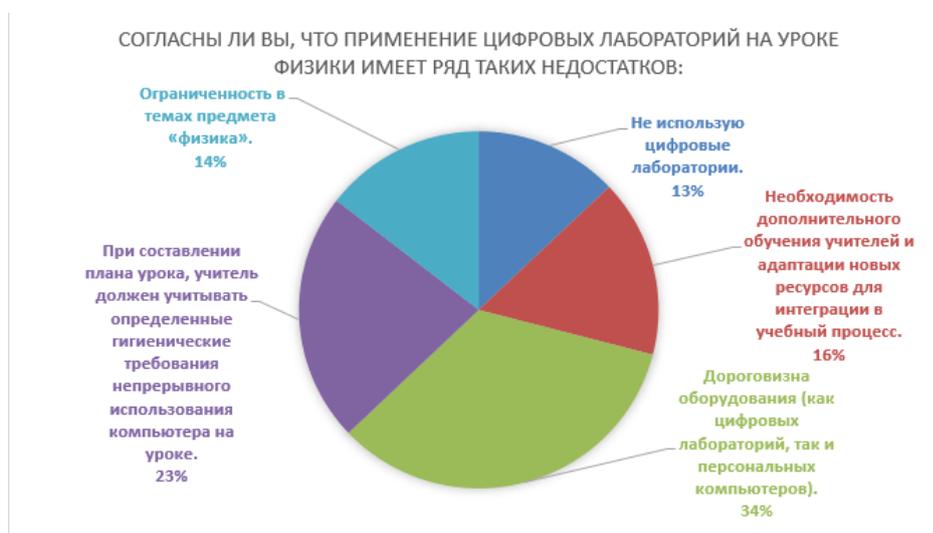
Для каких видов учебных физических экспериментов на уроке физики Вы используете цифровые лаборатории?



Согласны ли Вы, что применение цифровых лабораторий на уроке физики имеет ряд таких преимуществ:

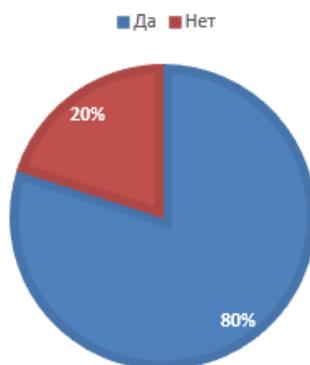


Согласны ли Вы, что применение цифровых лабораторий на уроке физики имеет ряд таких недостатков:



Пользовались ли бы Вы методическими разработками по использованию цифровых лабораторий по решению экспериментальных задач на уроке физики в 7-9 классах?

ПОЛЬЗОВАЛИСЬ ЛИ БЫ ВЫ МЕТОДИЧЕСКИМИ РАЗРАБОТКАМИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ПО РЕШЕНИЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА УРОКЕ ФИЗИКИ В 7-9 КЛАССАХ?



Исходя из проведенного опроса, были сделаны следующие выводы.

1. Педагогический стаж учителей варьируется от 1 года до 30 лет.
2. Все учителя знают, что такое цифровые лаборатории.
3. Чаще всего на уроке физики учителя используют цифровые лаборатории для показа демонстрационного эксперимента, реже всего для проведения физического практикума.

4. Чаще всего учителя соглашались с тем, что использование цифровых лабораторий соответствует требованиям ФГОС ООО, способствует развитию у учащихся экспериментальных умений, а также современных способов продуктивной деятельности и формированию познавательной, информационной и коммуникативной активности.

5. Чаще всего учителя соглашались с тем фактом, что цифровые лаборатории – довольно дорогое оборудование для внедрения в учебную деятельность на уроке физики.

Последний вопрос показал, что большинство опрошенных учителей пользовались бы методическими разработками по использованию цифровых лабораторий для решения экспериментальных задач, но, так как таких разработок в настоящее время нет, **то главная цель проведенного опроса выполнена: актуальность выпускной квалификационной работы подтверждена.**

Для определения эффективности методики использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников был применен **метод экспертной оценки.**

Цель экспертизы – определить эффективность методики использования цифровых лабораторий для решения экспериментальных задач и методики в целом в учебном процессе для развития экспериментальных умений учащихся, разработанные автором исследования.

Метод экспертных оценок включает организацию экспертизы, формулировку ее цели, разработку содержания опросного листа, подбор рабочих групп экспертов, проведение опроса экспертов, анализ и обработку полученных результатов.

Для проведения независимой экспертизы эффективности разработанной нами методики были приглашены специалисты в области обучения физике: учителя физики средних общеобразовательных школ (таблица 7).

При определении результатов экспертизы методики учитывался ранг соответствующей экспертной группы. Каждый член экспертной комиссии заполнил индивидуальный протокол экспертизы, оценивая по 4-х бальной шкале эффективность предложенных методических экспериментальных задач.

Состав экспертной комиссии

№ члена группы	ФИО	Адрес школы	Квалификационная категория
1	Мельникова Наталья Михайловна (пед. стаж: 18 лет)	г. Качканар, МОУ СОШ №7	Высшая категория
2	Бабухина Татьяна Александровна (пед. стаж: 15 лет)	г. Екатеринбург, ЭкСВУ	Первая категория
3	Сердюк Наталья Петровна (пед. стаж: 20 лет)	г. Екатеринбург, УРТК им. А.С. Попова	Первая категория
4	Болле Татьяна Викторовна (пед. стаж: 36 лет)	г. Екатеринбург, МАОУ Лицей №173	Высшая категория
5	Чернова Марина Юрьевна (пед. стаж: 31 год)	г. Екатеринбург, МАОУ СОШ №142	Высшая категория

Образец индивидуального протокола приведен в приложении №1.

Экспертам предлагалось оценить следующие экспериментальные задачи по физике:

1. Измерение размеров малых тел.
2. Изучение зависимости пути от времени при равномерном движении.
3. Определение жесткости двух пружин.
4. Определение общей жесткости двух пружин при параллельном и последовательном соединениях.
5. Определение плотности вещества.
6. Определение теплоемкости металлической кружки.
7. Сравнение скорости испарения различных жидкостей.
8. Изучение явления остывания воды.
9. Расчет сопротивления при смешанном соединении резисторов.
10. Изучение закона Ома для участка цепи.
11. Изучение магнитных свойств магнита.
12. Расчет значения коэффициента трения на различных поверхностях.

По формуле (30) рассчитывался коэффициент результата экспертизы $\langle K \rangle$ по соответствующей задаче, как среднее арифметическое индивидуальных коэффициентов экспертизы эффективности решения экспериментальных задач с использованием цифровых лабораторий для развития экспериментальных умений учащихся:

$$\langle K \rangle = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6}{6} \quad (30)$$

где K_1, K_2, \dots, K_6 – коэффициент результата экспертизы эффективности экспериментальной задачи, поставленный соответствующим экспертом.

Полученные в процессе экспертной оценки результаты расшифровываются следующим образом:

1) от 0 до 1 – экспериментальную задачу лучше не использовать в учебном процессе;

2) от 1 до 2 – экспериментальную задачу можно использовать в обучении, но необходимо адаптировать к процессу формирования экспериментальных умений;

3) от 2 до 3 – экспериментальную задачу рекомендуется использовать при формировании экспериментальных умений учащихся;

4) от 3 до 4 – экспериментальную задачу целесообразно использовать в учебном процессе при формировании экспериментальных умений учащихся.

Результаты экспертной оценки эффективности экспериментальных задач индивидуальных коэффициентов представлены в таблице 8.

Таблица 8

Коэффициент эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\langle K \rangle$	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6

Таким образом, экспертная оценка предложенных экспериментальных задач показала их эффективность, методическую и дидактическую ценность в процессе формирования экспериментальных умений школьников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с установленными задачами данной работы можно сделать следующие выводы:

1. Изучена научно-методическая литература по формированию экспериментальных умений на уроке физики, конкретизированы понятия «экспериментальное умение». «*Экспериментальные умения* - способность проводить наблюдения и эксперименты, анализировать полученные результаты, делать выводы и формулировать гипотезы на основе собственного опыта и знаний из различных областей науки». Определены методы и приемы, необходимые для формирования экспериментальных умений учащихся на уроке физики.

2. Выполнен анализ психолого-педагогической литературы с целью изучения применения на уроке физики учебно-физического эксперимента, в частности решение экспериментальных задач и, благодаря анализу, были выделены достоинства решения задач экспериментального типа. «*Экспериментальная задача* - физическая задача, постановка и решение которой органически связаны с экспериментом».

3. Выполнен анализ учебной литературы и Интернет-источников с целью изучения использования цифровых лабораторий на уроках естественно-научного направления, в частности на современном уроке физики, и, благодаря анализу, были выделены преимущества и недостатки цифровых лабораторий. «*Цифровая лаборатория* — это комплект, состоящий из датчиков для измерения и регистрации различных параметров, интерфейса для сбора данных и программного обеспечения, визуализирующего экспериментальные данные на экране».

4. Были составлены и решены 12 экспериментальных задач по физике. Одна с помощью цифровой лаборатории «Releon» и 11 с помощью «Научные Развлечения» на такие разделы курса физики как: «Первоначальные сведения о строении вещества», «Движение и взаимодействие тел», «Давление твердых тел и жидкости», «Тепловые явления», «Электрические и магнитные явления»,

«Механические явления». Каждая задача содержит список необходимого оборудования для решения задачи, цель решения задачи, ход работы с подробным описанием и ответ на поставленную задачу.

5. Был проведен опрос учителей физики Свердловской области и других регионов России для подтверждения актуальности выпускной квалификационной работы и был проведен педагогический эксперимент в формате экспертной оценки, которая показала высокую эффективность, методическую и дидактическую ценность использования экспериментальных задач решаемых с помощью цифровых лабораторий в процессе формирования экспериментальных умений школьников на уроках физики.

Таким образом, все поставленные задачи решены, цель выпускной квалификационной работы достигнута. Надеемся, что разработанные нами методические рекомендации будут использоваться учителями в образовательных учреждениях на уроках физики для формирования экспериментальных умений школьников в 7-9 классах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулов Р. М. Использование современных технических средств в исследовательской и проектной деятельности в процессе обучения / Р. М. Абдулов, Е. В. Абдулова // Педагогическое образование в России. – 2014. – №1. – С. 135-140.
2. Абдулов Р. М. Экспериментальные задачи по физике как средство активизации познавательной деятельности учащихся / Р. М. Абдулов // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам // – 2018. – С. 8-12.
3. Антипин И. Г. Экспериментальные задачи по физике в 6-7 классах : Пособие для учителей / И.Г. Антипин. - М.: Просвещение, 1974. - 127 с.
4. Буров В. А. и др. Фронтальные по физике в 6-7 классах средней школы : Пособие для учителей / В. А. Буров, С. Ф. Кабанов, В. И. Свиридов. - М: Просвещение, 1981. - 112 с.
5. Величко А. Н. Формирование экспериментальных умений при обучении физике / А. Н. Величко, Н. З. Година // Сибирский учитель. – 2014. – № 2(93). – С. 82-86.
6. Выготский Л.С. Мышление и речь: психологическое исследования / Л.С. Выготский. – 1934. – 362 с.
7. Галкина Е. А. Внеурочная деятельность учащихся по биологии в условиях современной образовательной практики : учебное пособие / Е. А. Галкина, Н. М. Горленко, О. В. Бережная, И. А. Зорков. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/298928> (дата обращения: 11.05.2024).
8. Гиголо А. И., Поваляев О. А. Возможности оценки экспериментальных умений по физике с использованием цифровых технологий // Педагогические измерения. 2020. №2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-otsenki-eksperimentalnyh-umeniy-po-fizike-s-ispolzovaniem-tsifrovyyh-tehnologiy> (дата обращения: 27.05.2024).

9. Гурьянов В. А. Применение цифровых лабораторий в учебном физическом эксперименте в общеобразовательной школе / В. А. Гурьянов // Современные физика, математика, цифровые и нанотехнологии в науке и образовании... – 2022. – С. 132-133.
10. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении (логико-психологические проблемы построения предметов) [Текст] // — М.: Педагогика, 1972.
11. Даммер М. Д. Содержание и целевые ориентиры физического практикума с применением цифрового лабораторного оборудования / М. Д. Даммер, Т. В. Никитина // Учебный эксперимент в образовании. – 2022. – № 3(103). – С. 40-51.
12. Донскова Е. В. Методика организации школьного физического эксперимента на основе системно-деятельностного подхода / Е.В. Донскова, Т.В. Клеветова // Грани познания. — 2013. — № 1. — С. 58-63. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/290403> (дата обращения: 08.04.2024).
13. Зибер В. А. Задачи-опыты по физике : Пособие для учителей физики сред. школы / Под ред. К. Н. Елизарова. - Москва ; Ленинград : Учпедгиз, 1953. - 120 с.
14. Знаменский П. А. Методика преподавания физики в средней школе : Пособие для учителей. - 2-е изд., перераб. - Ленинград : Учпедгиз, Ленингр. отделение, 1954. - 552 с.
15. Каменецкий С. Е. др. Методика решения задач по физике в средней школе : Пособие для учителей / С. Е. Каменецкий, В. П. Орехов. - М.: Просвещение, 1971. - 448 с.
16. Кудинов В. В. Экспериментальные задачи и задания: понятия и классификации / В. В. Кудинов, М. Д. Даммер // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2010. – № 23(199). – С. 75-81.
17. Кузьмина Л. Н. Формирование экспериментальных умений учащихся основной школы при подготовке к ОГЭ по физике // Наука и образование сегодня. 2017. №1 (12). Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-eksperimentalnyh-umeniy-uchaschihsya-osnovnoy-shkoly-pri-podgotovke-k-oge-po-fizike> (дата обращения: 27.05.2024).

18. Лозовенко С. В., Трушина Т. А. Реализация образовательных программ по физике из части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, с использованием оборудования детского технопарка «Школьный кванториум». Методическое пособие / С. В. Лозовенко, Т. А. Трушина. – Москва, 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://report.apkpro.ru/uploads/share/TP_Физика.pdf (Дата обращения: 01.05.2024)

19. Монтессори М. Дом ребёнка // Метод научной педагогики. Пер со 2-е изд., испр. и доп. по 2-му итал. изданию. — М.: Сотрудник школ, 1915. — 375 с.

20. Мошков С. С. Экспериментальные задачи по физике в средней школе: пособие для учителей / С. С. Мошков. – Ленинград : Учпедгиз, 1955, – 204 с.

21. Об утверждении санитарных правил СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»

22. Петрова М. А. Применение цифровых лабораторий в учебном физическом эксперименте в общеобразовательной школе: автореферат дис... канд. пед. наук. Москва, 2009. - 27 с.

23. 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.

24. Полушкина С. В. Формирование экспериментальных умений учащихся на основе цифровых физических лабораторий / С. В. Полушкина // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам... – 2020. – С. 187-194.

25. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. М., «Просвещение», 1966 год, 156 с.

26. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Методология деятельности экспериментирования как стратегического ресурса физического образования // Сибирский учитель. – 2012. – № 2(81). – С. 5–13.
27. Рупасова Г. Б. Методы решения физических задач : учебно-методическое пособие : в 2 частях / Г. Б. Рупасова, Г. В. Алмадакова. — Горно-Алтайск : ГАГУ, 2022 — Часть 1 — 2022. — 59 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/355682> (дата обращения: 08.04.2024).
28. Смышляева В. А. Экспериментальные задачи в школе и дома / В. А. Смышляева, Л. В. Горбанева // ТОГУ-Старт: фундаментальные и прикладные исследования молодых... – 2023. – С. 488-494.
29. Старовиков М. И. Введение в экспериментальную физику : учебное пособие / М. И. Старовиков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210155> (дата обращения: 08.04.2024).
30. Усова А. В., Орехов В.П., Альбин К.В. Методика преподавания физики в 6-7 классах средней школы / [В.П. Орехов, А.В. Усова, К.В. Альбин и др.] ; Под ред. В.П. Орехова и А.В. Усовой. - 3-е изд., перераб. - Москва : Просвещение, 1976. - 384 с.
31. Усова А. В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики / А. В. Усова, А. А. Бобров. – М.: Просвещение, 1988. – 112 с.
32. Усова А.В. Дидактические функции различных форм учебных занятий по физике // Физика в школе, 1987. - №4. - С. 34-36.
33. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (Утвержден приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 287)
34. Федорова Н. Б., Кузнецова О. В., Огнева М. А. Методика организации исследовательского мини-проекта с использованием цифровой лаборатории как средство формирования ключевых компетенций на уроках физики // Физика в школе. — 2020. — № 1. — С. 38—94.

35. Федорова Ю. В. О применении цифровых лабораторий «Архимед» в школе. Интернет- газета «Лаборатория знаний» издательства БИНОМ. 2010. №5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lbz.ru/gazeta/vyp/nomer.php?ELEMENT_ID=1148&utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (Дата обращения: 01.05.2024)
36. Цифровые лаборатории «Releon»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rl.ru/> (Дата обращения: 01.05.2024)
37. Цифровые лаборатории «Научные развлечения»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nau-ra.ru/> (Дата обращения: 01.05.2024)
38. Шамало Т. Н. Учебный эксперимент в процессе формирования физических понятий. Кн. для учителя. - М.: Просвещение, 1986. - 96 с.
39. Шилов В.Ф. Домашние экспериментальные задания по физике : 7-9-е классы / В. Ф. Шилов. - Москва : Школьная Пресса, 2003. - 62 с.

Индивидуальный протокол экспертизы №

ФИО _____

Результаты экспертизы эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<K>													

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ

Индивидуальный протокол экспертизы № 1

ФИО Мельникова Наталья Михайловна

Результаты экспертизы эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<К>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Индивидуальный протокол экспертизы № 2

ФИО Бабухина Татьяна Александровна

Результаты экспертизы эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<К>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Индивидуальный протокол экспертизы № 3

ФИО Сердюк Наталья Петровна

Результаты экспертизы эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<К>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Индивидуальный протокол экспертизы № 4

ФИО Болле Татьяна Викторовна

Результаты экспертизы эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<K>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Индивидуальный протокол экспертизы № 5

ФИО Чернова Марина Юрьевна

Результаты экспертизы эффективности использования цифровых лабораторий при решении экспериментальных задач по физике с целью формирования экспериментальных умений школьников.

Коэффициент	Номер экспериментальной задачи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<K>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4