

СТАТЬИ

УДК 372.853

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОМАШНИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ЗАКОНЫ ГУКА» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Захарова А.А., Попов С.Е.

*Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»,
Нижний Тагил, e-mail: kz2gt2mie@yandex.ru, s-e-popov@yandex.ru*

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования требует развития исследовательских навыков у школьников, но традиционные уроки физики часто ограничены нехваткой оборудования, временем и разным уровнем подготовки обучающихся. Одним из решений этой проблемы являются домашние эксперименты, позволяющие изучать физические законы в доступных условиях. Цель исследования – разработка методики проведения домашних лабораторных работ по изучению закона Гука. Используются теоретические (анализ литературы) и эмпирические (проектирование содержания обучения, наблюдения за выполнением экспериментов) методы. Предложены два эксперимента: изучение деформации резинки (растяжение, сжатие, кручение), демонстрирующее пределы упругости, а также создание пружин из проволоки и расчет их жесткости, показывающий зависимость от материала и геометрии. Результатом данного исследования и являются методические разработки для проведения домашних экспериментов в процессе изучения темы «законы Гука» в школьном курсе физики. Методические разработки предполагают, что подобные задания могут способствовать более глубокому пониманию физических законов, развитию исследовательских навыков и самостоятельности обучающихся. Предложенный подход соответствует требованиям ФГОС к практико-ориентированному обучению и может быть адаптирован для школьного курса физики.

Ключевые слова: обучение физике, исследовательская деятельность, лабораторный практикум, домашние лабораторные работы, закон Гука, деформация, жесткость пружины

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ORGANIZING HOME EXPERIMENTS IN THE PROCESS OF STUDYING THE TOPIC “HOOKE’S LAWS” IN THE SCHOOL PHYSICS COURSE

Zakharova A.A., Popov S.E.

*Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (branch)
of the Ural State Pedagogical University, Nizhny Tagil,
e-mail: kz2gt2mie@yandex.ru, s-e-popov@yandex.ru*

This article explores the potential of home experimental work as part of a school physics course for in-depth study of Hooke’s law and the formation of students’ research competencies. The author focuses on the problems of traditional laboratory practice: limited lesson time, lack of equipment, diverse level of training of students and difficulties in ensuring the safety of complex experiments. As a solution, home experiments are proposed that do not require specialized devices, allow students to work at an individual pace and integrate digital tools (Phyphox, Excel) for data processing. Two practice-oriented tasks are described in detail. The first is the study of types of deformation (stretching, compression, bending, torsion) using the example of a stationery elastic band, which clearly demonstrates the limits of elasticity and the transition to plastic deformation. The second is the creation of springs from copper and steel wire, followed by the calculation of their stiffness, which connects the theory of Hooke’s law with engineering design principles. Both experiments are accompanied by methodological recommendations: clear instructions, evaluation criteria, questions for discussion (for example, the use of deformation in engineering, the effect of material on stiffness) and creative tasks (the development of a shock absorber). Special attention is paid to the compliance of assignments with the requirements of the Federal State Educational Standard: the development of skills in analysis, critical thinking, working with data and scientific communication. The author emphasizes that homework complements, but does not replace schoolwork, providing a balance between safety and efficiency. The results of such experiments include increasing motivation, strengthening the connection between theory and practice, and developing the ability to apply knowledge in real conditions. The article is addressed to educators seeking to modernize the learning process through the personalization of learning and the integration of a research approach.

Keywords: physics training, research activities, laboratory practical work, home laboratory work, deformation, Hooke’s law, spring stiffness

Введение

Содержание школьного курса, включая его цели, методы и планируемые результаты, определяется государственными образовательными стандартами. В России ключевым документом в этой сфере вы-

ступает Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (ФГОС), который закрепляет требования к программам, условиям их реализации и компетенциям, которыми должны овладеть ученики. Одной из при-

оритетных задач, которые определяет стандарт, является развитие исследовательских навыков – умений выдвигать гипотезы, планировать эксперименты, анализировать данные и критически оценивать результаты [1]. Эти компетенции становятся основой для формирования научного мышления и адаптации обучающихся к динамично меняющемуся миру. В рамках школьного обучения исследовательские навыки развиваются через лабораторные работы, проектную деятельность и решение проблемных задач. Например, на уроках физики ученики измеряют силу тока, на химии изучают реакции, а на биологии наблюдают за живыми организмами. Такая практика позволяет соединить теорию с реальным опытом, однако массовое обучение в условиях класса сталкивается с рядом ограничений, которые затрудняют равномерное развитие навыков у всех обучающихся.

Прежде всего, в классе присутствуют дети с разным уровнем подготовки, мотивации и познавательных способностей. Одни быстро включаются в работу, другим требуется дополнительное время и индивидуальные пояснения. Кроме того, школы часто не могут обеспечить каждого ученика персональным оборудованием для экспериментов, особенно в классах с высокой наполняемостью. Временные рамки урока (40–45 мин) также накладывают ограничения: сложные опыты приходится дробить на этапы, а неудавшиеся эксперименты не всегда удается повторить. Отдельным барьером остается безопасность. Многие лабораторные работы, связанные с химическими реактивами, электрическими приборами или биологическими материалами, требуют строгого контроля со стороны педагога, что делает их выполнение вне школы невозможным.

Для преодоления этих ограничений часть простых и безопасных экспериментов может быть вынесена в формат домашних заданий. Например, наблюдение за прорастанием семян в разных условиях (биология), измерение плотности жидкостей с помощью стакана и весов (физика), изучение кислотности бытовых растворов с индикаторными полосками (химия) или сбор данных о погоде (география). Такие задания не требуют специального оборудования, но позволяют ученикам работать в комфортном темпе, повторять опыты и глубже погружаться в тему. Домашние эксперименты развивают самостоятельность: школьники учатся фиксировать результаты, анализировать ошибки и делать выводы без прямого контроля учителя. Кроме того, этот формат стимулирует интерес к науке через личный опыт, а вовлечение родителей в процесс

(например, помощь в организации эксперимента) укрепляет связь семьи и школы.

Целью исследования является разработка методических рекомендаций по проведению домашних экспериментов при изучении закона Гука в школьном курсе физики.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели исследования использовались теоретические и эмпирические методы исследования, а именно анализ педагогической литературы и нормативных документов, прогнозирование, наблюдение за процессом организации и представления результатов домашних экспериментальных работ обучающимися.

Результаты исследования и их обсуждение

Особую значимость домашние лабораторные работы приобретают в рамках изучения физики – дисциплины, где понимание законов природы невозможно без практического взаимодействия с явлениями окружающего мира. Физика как наука основана на эксперименте: именно через наблюдение, измерение и анализ данных формируется представление о механике, термодинамике, оптике или электромагнетизме.

Однако успешная интеграция домашних лабораторных работ требует соблюдения ряда условий. Задания должны быть абсолютно безопасными и доступными для выполнения в бытовых условиях. Учителю необходимо предоставить ученикам четкие инструкции, критерии оценки и рекомендации по фиксации результатов – например, в виде дневника наблюдений или фотоотчета. Важно также обсуждать домашние эксперименты на уроках: сравнивать полученные данные, разбирать типичные ошибки и связывать практику с теоретическим материалом. Такой подход не только дополняет классные занятия, но и помогает преодолеть неравенство в возможностях учеников, создавая условия для персонализации обучения.

Таким образом, домашние лабораторные работы становятся инструментом, который позволяет компенсировать объективные ограничения традиционного урока. Они расширяют границы классно-урочной системы, обеспечивают практическое закрепление знаний и отвечают требованиям ФГОС к развитию исследовательских навыков. Однако этот формат не заменяет, а дополняет школьные занятия, сохраняя баланс между безопасностью, доступностью и эффективностью. Внедрение таких заданий требует продуманной методической работы, но их потенциал в формировании критического мышления и научной грамотности

сти обучающихся делает этот шаг важным элементом современного образования.

В ходе изучения школьного физического лабораторного практикума было выявлено, что домашнему экспериментальному практикуму уделяется довольно мало времени. Поэтому было принято решение изучить предлагаемые курсом А.В. Перышкина варианты, а также альтернативные варианты извне.

В ходе исследования были проанализированы статьи и сделаны выводы, что все статьи подчеркивают важность практического подхода в обучении физике, будь то домашние лабораторные работы, экспериментальные практикумы или интерактивные методы. Эти подходы способствуют развитию у обучающихся не только теоретических знаний, но и практических навыков, критического мышления и интереса к предмету, однако некоторым темам не уделено достаточного внимания [2, 3].

Если рассматривать данный вывод подробнее, то в статьях раскрыто, что такие работы способствуют развитию экспериментальных навыков, самостоятельности и интереса к предмету. Домашние эксперименты помогают обучающимся лучше понять физические явления и законы. Такие работы должны быть безопасными, простыми в выполнении и не требовать сложного оборудования. А учитель должен учитывать индивидуальные особенности обучающихся и постепенно усложнять задания [4].

Также стоит учесть, что домашний экспериментальный практикум с использованием ИКТ повышает эффективность обучения и помогает обучающимся лучше усваивать материал и является более эффективным способом обучения, поскольку расширяет возможности домашних экспериментов [5, 6].

Однако стоит также учитывать, что обучение не может быть сбалансированным, если предлагать работать только с электронными средствами, поскольку виртуальные работы и моделирование дополняют, но не заменяют реальные эксперименты. Обучение дома требует комбинации методов для сохранения качества образования. Из предлагаемых С.В. Веселовой и Б.М. Штейном домашних лабораторных работ можно выделить следующие – создание модели электрических волн, математического маятника [7].

О.Н. Телешова приводит примеры домашних экспериментов для восьмого класса и раскрывает их влияние на учебный процесс, например, «Изучение теплового электробытового прибора» или «Расчет электроэнергии, расходуемой в быту» [8].

В статье Е.А. Румбешт и А.М. Ткачева в разделе методологии авторы ссылаются на исследования психологов и педагогов,

таких как А.Г. Асмолов и Г.И. Щукина, что добавляет теоретическую базу. Они предлагают использовать домашние опыты для повышения мотивации, опираясь на особенности подросткового возраста. Приводятся примеры опытов, например, «Инерция» с разрезанием яблока или «Испарение» с измерением температуры воды [8].

Таким образом, из тех материалов, что были изучены, не было предложено достаточно материалов по теме «Закон Гука», что вызывает некоторое беспокойство, поскольку данная тема важна и требует углубленного изучения в рамках школьного курса физики. Закон Гука является фундаментальной основой для понимания упругих свойств материалов, механики деформаций и их приложений в инженерных задачах. Его недостаточное освещение в учебных материалах может привести к пробелам в знаниях учащихся, затруднениям в интерпретации лабораторных экспериментов и решении практико-ориентированных задач. Для устранения этого пробела целесообразно создать ряд домашних экспериментов именно для большего раскрытия этой темы в курсе физики за девятый класс. Соответственно, учителям авторы предлагают некоторые домашние работы, которые можно привести в обучение.

1. Эксперимент с резинкой: где заканчивается упругость?

Соответственно, ученикам авторы предлагают выполнить эксперимент, который наглядно демонстрирует законы деформации и упругости материалов.

Целью этого эксперимента является демонстрация и сравнение разных видов деформации упругих тел – растяжение, сгибание, кручение и сжатие – на примере канцелярской резинки. Для этого эксперимента понадобится только канцелярская резинка. В ходе эксперимента ученикам необходимо взаимодействовать различным образом с резинкой: сжимать, растягивать ее, давить на нее и т.д. После ученикам предлагается подумать над тем, в каких областях можно применить деформацию данного вида, например можно сделать вывод, что упругие деформации являются основой работы пружин и тросов, деформация изгиба может применяться для расчета балок в мостах, а деформация кручения необходима для создания валов и пружин кручения. А для деформации сжатия примером использования могут послужить амортизаторы.

Эксперимент с канцелярской резинкой наглядно демонстрирует ключевые виды деформации. Она демонстрирует растяжение при разведении концов резинки удлиняется, возвращаясь в исходное состояние после снятия нагрузки (упругость). Если

сила превышает предел, происходит разрыв или остаточное растяжение (пластичность).

Демонстрируется изгиб: при сгибании внешняя сторона растягивается, внутренняя сжимается. После отпускания резинка выпрямляется, но резкий изгиб вызывает необратимую деформацию.

Можно показать и кручение, это скручивание резинки приводит к упругому восстановлению, но избыточные обороты вызывают разрыв или остаточную деформацию.

При помощи канцелярской резинки можно показать также сжатие – при сдавливании резинка утолщается, возвращая форму после прекращения нагрузки.

В ходе опыта учащиеся увидят все виды деформации. Обучающиеся должны прийти к выводу, что упругость материала имеет пределы и что поведение резинки при деформации зависит от типа воздействия и приложенной силы. Они должны понять, что:

1) закон Гука работает только в зоне упругости: при растяжении, изгибе, кручении или сжатии резинка возвращается в исходную форму, если нагрузка не превышает критического значения;

2) при превышении предела упругости возникает пластическая деформация (остаточное растяжение, изгиб или разрыв), которая необратимо меняет структуру материала;

3) разные виды деформации (растяжение, изгиб, кручение, сжатие) по-разному влияют на материал: например, резкий изгиб вызывает локальное повреждение, а длительное сжатие приводит к «усталости» резинки;

4) понимание пределов упругости помогает инженерам проектировать безопасные конструкции (мосты, тросы, амортизаторы), где материалы не должны выходить за границы упругой деформации.

Резинка демонстрирует, что даже гибкие материалы имеют «точку невозврата». Этот опыт учит прогнозировать поведение объектов под нагрузкой и объясняет, почему в технике всегда учитывают запас прочности, чтобы избежать катастрофических последствий из-за пластической деформации или разрушения, а также в каких отраслях деформации могут быть применимы.

Соответственно, ученикам необходимо выдать следующую формулировку данной домашней лабораторной работы. В первую очередь надо постановить цель лабораторной работы и ее задачи, после ход работы, а также в каком формате представить результаты опыта. Также необходимо указать, к каким вопросам для обсуждения стоит подготовиться в классе.

Таким образом, цель работы – демонстрация и сравнение видов деформации упругих

тел (растяжение, сгибание, кручение, сжатие) на примере канцелярской резинки, а также изучение пределов упругости материала и последствий пластической деформации.

Задачи работы:

1. Провести эксперименты по разным видам деформации резинки: растяжение, сгибание, кручение, сжатие.

2. Наблюдать за упругим восстановлением или остаточной деформацией в зависимости от приложенной силы.

3. Сравнить влияние различных типов деформации на материал резинки.

4. Определить практические применения каждого вида деформации в технике и инженерии.

Ход работы:

1. Развести концы резинки, постепенно увеличивая силу, фиксируя удлинение и возврат в исходное состояние (упругость) или остаточное растяжение/разрыв (пластичность).

2. Согнуть резинку, наблюдая за растяжением внешней стороны и сжатием внутренней; проверить восстановление формы после отпускания.

3. Скрутить резинку, отмечая упругое восстановление или остаточную деформацию/разрыв при избыточных оборотах.

4. Сдавить резинку, фиксируя утолщение и восстановление формы после прекращения нагрузки.

Результаты опыта представляются следующим образом – в тетради, выделенной для лабораторных работ, фиксируются наблюдения за поведением резинки при каждом виде деформации.

После проведения лабораторной работы ученики пишут свои выводы о пределах упругости и условиях возникновения деформации.

Также предоставляются следующие вопросы для обсуждения в классе:

1. Приведите примеры практического применения разных видов деформации (пружины, мостовые балки, амортизаторы и т.д.).

2. Почему разные виды деформации по-разному влияют на материал?

3. Почему и как понимание пределов упругости может помочь в реальной жизни?

Авторы предлагают рассмотреть еще одну лабораторную работу:

2. *Создай свою пружину!*

Целью данной работы является создание пружин из проволоки, определение их жесткостей и сравнение различных материалов, из которых и были созданы эти пружины.

Этот творческий эксперимент предложен нами ученикам для изготовления пружины и изучения ее свойства. Для него понадобится медная и стальная проволока (50 см), фабричная пружина, цилиндрический предмет (карандаш, ручка) и плоскогубцы.

Ученик наматывает проволоку на цилиндрический предмет, формируя спираль. Она должна наматываться плотно, должно выйти от 10 до 15 витков, а на концах должны быть крючки для крепления. Нужно создать пружину из двух разных материалов, проделав одни и те же действия как с медной проволокой, так и со стальной.

После этого самодельные пружины подвешиваются, и проводится эксперимент, аналогичный опыту с фабричной пружиной, для определения их жесткости. Сравнение результатов помогает понять, как диаметр цилиндра влияет на жесткость, влияет ли вообще, какой материал больше подходит для пружин. Саму жесткость пружины определяют следующим способом – пружину подвешивают, измеряют исходную длину. Последовательно добавляют грузы, фиксируя удлинение. Данные записывают в таблицу.

Эти эксперименты позволяют обучающимся увидеть закон Гука в действии, научиться рассчитывать жесткость и понять практическое применение этих знаний – от пружин в механизмах до строительных материалов.

После выполнения опыта целесообразно также предложить обдумать следующие вопросы:

1. Как диаметр цилиндра влияет на жесткость? (увеличение диаметра снижает жесткость).
2. Где в быту встречаются пружины разной жесткости?

Для более эффективного обучения рекомендуется использовать цифровые инструменты, такие как приложение Rhyphox для записи данных или Excel для построения графиков. Интересным дополнением может стать мини-проект: разработка амортизатора для защиты хрупкого предмета при падении, где необходимо применить знания о жесткости пружин.

Подводя итог второго опыта, стоит сказать, что создание самодельной пружины из проволоки наглядно подтверждает действие закона Гука: в пределах упругости удлинение пружины прямо пропорционально приложенной силе. Эксперимент демонстрирует, что жесткость пружины зависит не только от материала, но и от геометрии: стальная проволока, благодаря более высокому модулю Юнга, обеспечивает значительно большую жесткость по сравнению с медной. Например, при одинаковой нагрузке стальная пружина удлиняется в 2–3 раза меньше, что делает ее идеальной для применения в механизмах, где требуется прочность и устойчивость к деформации (часы, амортизаторы, подвеска). Кроме того, опыт показывает, как диаметр цилиндра, на который наматывается проволока,

влияет на жесткость: увеличение диаметра снижает жесткость, так как витки пружины становятся крупнее и менее устойчивыми к нагрузке.

Этот эксперимент не только иллюстрирует физические законы, но и раскрывает инженерные принципы проектирования. Обучающиеся видят, как теория превращается в практику: расчеты жесткости становятся основой для создания реальных устройств, от простых механизмов до высокотехнологичных систем. Дополнительные задания, такие как разработка амортизатора для защиты хрупких предметов, углубляют понимание, показывая, как выбор материала и параметров пружины влияет на ее функциональность. Важно отметить, что эксперимент учит аккуратной работе с данными: даже небольшие погрешности в измерениях могут исказить результаты, а пластическая деформация при перегрузке пружины напоминает о необходимости соблюдения пределов упругости. Таким образом, опыт не только объясняет закон Гука, но и формирует навыки анализа, прогнозирования и применения знаний в реальных условиях.

Важно помнить, что материалы не следует перегружать, чтобы избежать их поломки, а все измерения необходимо аккуратно фиксировать в таблицах. Изучение закона Гука через эксперименты не только углубляет понимание физики, но и развивает навыки критического мышления, превращая абстрактные формулы в инструменты для решения реальных задач.

В результате эксперимента учащиеся убеждаются, что закон Гука работает на практике: удлинение пружины пропорционально приложенной силе, но только в пределах упругости материала. Они понимают, что жесткость пружины зависит от двух ключевых факторов:

1. Материала проволоки – сталь, благодаря высокой прочности и модулю Юнга, создает более жесткую пружину по сравнению с медью, что делает ее оптимальной для механизмов, где требуется устойчивость к деформации (например, в подвеске автомобиля или часах).

2. Геометрии пружины – увеличение диаметра цилиндра, на который наматывается проволока, снижает жесткость, так как витки становятся крупнее и легче растягиваются.

Кроме того, эксперимент показывает, как инженерные расчеты превращаются в реальные устройства: выбор материала и параметров пружины напрямую влияет на ее функциональность. Обучающиеся осознают важность точности измерений – даже небольшие погрешности могут исказить результаты, а превышение нагруз-

ки приводит к необратимой деформации, что напоминает о необходимости соблюдения пределов упругости в технике.

Данную домашнюю лабораторную также необходимо представить в таком виде, чтобы формулировка заданий была понятной для обучающихся.

Следовательно, цель данной работы – создание пружин из медной и стальной проволоки, определение их жесткости, сравнение свойств материалов и изучение влияния геометрических параметров (диаметра цилиндра) на жесткость пружин.

Задачи:

1. Изготовить пружины из медной и стальной проволоки путем намотки на цилиндрический предмет.

2. Провести эксперимент по определению жесткости самодельных и фабричной пружин с помощью подвешивания грузов и измерения удлинения.

3. Сравнить жесткость пружин из разных материалов и проанализировать влияние диаметра цилиндра на их свойства.

Ход работы:

1. Изготовьте пружины, для этого возьмите медную и стальную проволоку длиной 50 см. Плотно намотайте каждую проволоку на цилиндрический предмет (ручку, карандаш), сделав 10–15 витков. Сформируйте крючки на концах пружин для подвешивания грузов.

2. Проведите опыты с грузами. Подвесьте каждую пружину вертикально. Зафиксируйте пружину и добавьте небольшой груз, чтобы ввести пружину в диапазон упругих деформаций. Последовательно добавляйте грузы известной массы, фиксируя удлинение пружины после каждого добавления. Запишите данные в таблицу: масса груза, сила тяжести, удлинение пружины. Силу тяжести предварительно необходимо рассчитать.

3. Проанализируйте данные. Постройте график зависимости удлинения пружины от приложенной силы для каждого материала (можно использовать Excel или Rhyphox). Рассчитайте жесткость пружин по формуле закона Гука.

4. Дополнительное задание для данной домашней лабораторной работы. Спроектируйте амортизатор для защиты хрупкого предмета.

Данные должны представляться в формате таблицы с данными измерений, графиками для каждой пружины, иллюстрирующими зависимость удлинения от силы, также необходимо написать вывод о проделанной работе, где ученик должен выделить, как именно влияет материал проволоки на жесткость, как влияет диаметр и влияет ли вообще, по его мнению.

Следующие вопросы выносятся для обсуждения в классе:

1. Как диаметр цилиндра влияет на жесткость? (Увеличение диаметра снижает жесткость.)

2. Где в быту встречаются пружины разной жесткости?

Также можно вынести и дополнительные моменты для обсуждения в классе на усмотрение учителя, например можно задать следующие дополнительные вопросы:

1. Приведите примеры применения пружин разной жесткости в технике и быту.

2. В чем разница между упругой и пластической деформацией? Что произойдет, если перегрузить пружину?

Заключение

Проведенное исследование подтвердило эффективность домашних экспериментов для изучения закона Гука. Разработанные методики с использованием доступных материалов (резинки, проволоки) позволяют наглядно демонстрировать физические принципы, развивают исследовательские навыки и интерес к предмету. Такие задания успешно дополняют школьную программу, помогая преодолеть ограничения традиционных уроков. Важным результатом стали конкретные рекомендации по организации домашнего практикума, соответствующие требованиям ФГОС.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования: с изм. от 18 июля, 8 нояб. 2022 г., 22 янв. 2024 г. // Гарант.ру. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400907193/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 05.03.2025).
2. Перышкин А.В. Физика. 7 класс: учебник для общеобразовательных учреждений. 10-е изд., доп. М.: Дрофа, 2006. 192 с. ISBN 5-358-00257-X.
3. Перышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. 9 класс: учебник. М.: Дрофа, 2014. 319 с. ISBN 978-5-358-09883-1.
4. Луцай Е.В. Домашние лабораторные работы по физике в средней школе // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2014. № 4. С. 165–168.
5. Зенцова И.М. Домашний экспериментальный практикум как форма организации домашнего физического эксперимента // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2011. № 7. С. 36–52.
6. Филиппова И.Я. Вовлечение школьников в физику – от игрушек к проектной деятельности // Видеонаука. 2020. № 3 (19). С. 4–13.
7. Веселова С.В., Штейн Б.М. Дистанционное обучение: лабораторный практикум по физике. Дома и на природе // Мир науки, культуры, образования. 2017. № 1 (62). С. 187–190.
8. Телешова О.Н. Практические работы для учащихся 8-го класса по физике как средство развития практических умений // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2017. № 3 (27). С. 216–220.
9. Румбешта Е.А., Ткачев А.М. Использование домашних опытов для развития мотивации учащихся основной школы к изучению физики // Ped.Rev. 2020. № 4 (32). С. 17–26.