

Крутова Ирина Александровна

ФОРМИРОВАНИЕ У УЧАЩИХСЯ МЕТОДОВ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ШКОЛЬНОМ КВАНТОРИУМЕ

***Аннотация:** в исследовании предлагаются способы решения актуальной для современного образования проблемы подготовки обучающихся, овладевших методами научного познания. Описана методика организации познавательной деятельности учащихся при проведении физических исследований на базе школьного Кванториума. Разработано тематическое планирование занятий по программе «Цифровая лаборатория физики. ЭкспериментариУм», реализация которых направлено на формирование умений по экспериментальному исследованию физических явлений разной природы, установлению научных фактов о виде зависимости между физическими величинами, «открытию» физических законов. Выявлены возможности применения цифрового оборудования по физике для организации исследовательской деятельности. Приведен пример мастер-класса по экспериментальному исследованию давления внутри жидкости.*

***Ключевые слова:** обучение физике, школьный кванториум, методы научного познания, физические исследования, физический эксперимент.*

***Abstract:** the study suggests ways to solve the problem of training students who have mastered the methods of scientific cognition, which is relevant for modern education. The methodology of organizing cognitive activity of students in conducting physical research on the basis of a school Quantorium is described. The thematic planning of classes according to the program «Digital Laboratory of Physics. ExperimentariUm», the implementation of which is aimed at the formation of skills in the experimental study of physical phenomena of different nature, the establishment of scientific facts about the type of dependence between physical quantities, the «discovery» of physical laws. The possibilities of using digital equipment in physics for*

organizing research activities have been identified. An example of a master class on the experimental study of pressure inside a liquid is given.

Keywords: *teaching physics, school Quantorium, methods of scientific cognition, physical research, physical experiment.*

В условиях стремительно изменяющихся технологий, происходящих в наукоемких отраслях и современном производстве, необходима подготовка высококвалифицированных кадров на всех уровнях образования, готовых к постоянному технологическому прогрессу, непрерывному совершенствованию своих знаний, умений и навыков [4]. Соответственно вызовам времени изменяются требования к результатам освоения образовательных программ. В Федеральные государственные стандарты общего образования включены задачи формирования базовых представлений о системообразующей роли физики в развитии техники и технологий; освоения методов научного познания; приобретения опыта исследовательской деятельности.

Для достижения новых требований в России реализуется ряд Федеральных проектов, направленных на обеспечение возможности детям получать качественное общее образование в условиях, отвечающих современным требованиям, независимо от места проживания ребенка, организацию комплексного психолого-педагогического сопровождения участников образовательных отношений [8].

Детские технопарки «Школьный Кванториум» на базе общеобразовательных организаций (далее – «Школьный Кванториум») создаются с целью организации образовательной деятельности в сфере общего и дополнительного образования, направленной на создание условий для расширения содержания общего образования. В процессе обучения у учащихся необходимо развивать естественнонаучную, математическую, информационную грамотность, формировать критическое и креативное мышление [5].

Опишем опыт работы школьного Кванториума, реализуемого на базе «Астраханского технического лицея» по дополнительной образовательной про-

грамме естественнонаучной направленности «Цифровая лаборатория физики. ЭкспериментариУм». Данная программа направлена на развитие личности каждого обучающегося, формирование знаний и умений по предмету «физика», накопление опыта исследовательской деятельности, расширение межпредметных знаний. Данная программа позволяет учащимся ознакомиться со многими интересными вопросами физики, выходящими на данном этапе обучения за рамки школьной программы, расширить целостное представление о данной науке, освоить методы познания физических явлений, научиться «открывать» физические законы и научные факты.

Предлагаемая программа способствует развитию у учащихся самостоятельного мышления, формирует у них умения самостоятельно приобретать и применять полученные знания на практике. Развитие таких умений становится возможным благодаря стимулированию научно-познавательного интереса во время занятий [3].

Современные экспериментальные исследования по физике невозможно представить без использования аналоговых и цифровых измерительных приборов. Для этого учитель может воспользоваться учебным оборудованием нового поколения – цифровыми лабораториями. Цифровые лаборатории по физике представлены датчиками для измерения и регистрации различных параметров, интерфейсами сбора данных и программным обеспечением, визуализирующим экспериментальные данные на экране. При этом эксперимент остаётся традиционно натурным, но полученные экспериментальные данные обрабатываются и выводятся на экран в реальном времени и в рациональной графической форме, в виде численных значений, диаграмм, графиков и таблиц [1].

Основное внимание учащихся при этом концентрируется на планировании различных вариантов проведения эксперимента, накоплении данных, их анализе и интерпретации, формулировке выводов. Эксперимент как исследовательский метод обучения увеличивает познавательный интерес учащихся к самостоятельной, творческой деятельности.

Цель программы: ознакомить учащихся с физикой как экспериментальной наукой; сформировать у них навыки самостоятельной работы с цифровыми датчиками, проведения измерений физических величин и их обработки.

Планируемые результаты:

– формирование основополагающих физических знаний, необходимых для решения практически значимых задач в повседневной жизни и в производственной деятельности;

– формирование экспериментальных умений: пользоваться физическими приборами и инструментами, формулировать выводы на основе интерпретации экспериментальных данных;

– развитие познавательной активности и самостоятельности учащихся при решении проблемных задач;

– развитие навыков по организации собственной учебной деятельности, умений анализировать, систематизировать и обобщать экспериментальные данные и формулировать результаты исследования, обосновывать собственные мысли;

– формирование навыков эксплуатации физического оборудования.

Программа адресована учащимся 8, 9 классов общеобразовательных организаций, которые обладают базовыми знаниями в области физики и желают углубить свои знания по предмету и приобрести опыт самостоятельного проведения физических исследований.

Программа рассчитана на 68 часа. Периодичность учебных занятий – 1 раз в неделю, продолжительность учебного занятия составляет 80 минут.

В процессе осуществления календарно-тематического планирования по программе, подготовки учебных экспериментальных установок для проведения исследований использовалось электронное пособие «Ученический эксперимент по физике» в четырех частях (механика, молекулярная физика и термодинамика, электрические явления, оптические явления), которое поставляется в комплекте с оборудованием [6].

В пособии *«Ученический эксперимент по физике. Часть 1. Механика»* приводится описание лабораторных работ по данному разделу «Механика», содержание которых соответствует требованиям ФГОС для специализированной и средней общеобразовательной школы. Всего пособие насчитывает 44 лабораторных работ.

Выполнение учебных опытов ориентировано на использование узлов, деталей и приборов из комплекта учебного оборудования для ученического эксперимента «Комплект «Механика». В состав комплекта включены как известные приборы и устройства, уже давно положительно зарекомендовавшие себя, как эффективные дидактические средства обучения, так и современные цифровые приборы, такие как электронные весы и измеритель скорости, что позволило расширить перечень учебных опытов, усовершенствовать методику их выполнения. Количество описанных в пособии лабораторных работ превышает минимально необходимое с той целью, чтобы обеспечить возможность формирования системы ученического эксперимента по изучению механических явлений, учитывающей уровень подготовки школьников и направленность их интересов. Отдельные работы могут проводиться на уроке в виде кратковременных экспериментальных заданий или положены в основу выполнения учебных проектов. Фотография одной из экспериментальных установок для изучения механических явлений приведена на рисунке 1.

Во второй части пособия *«Ученический эксперимент по физике. Молекулярная физика и термодинамика»* приводится описание 31 лабораторной работы по этому разделу.

Выполнение учебных опытов ориентировано на использование узлов, деталей и приборов из комплекта учебного оборудования для ученического эксперимента «Комплект «Молекулярная физика и термодинамика». В состав комплекта включены как известные приборы и устройства, так и новые устройства, и приспособления, что позволило расширить перечень учебных опытов, усовершенствовать методику их выполнения. Специфика значительного числа описанных работ в том, что в экспериментальных установках предполагается

использование спиртовки. Поэтому учащихся следует ознакомить с правилами безопасного обращения с приборами при проведении экспериментальных исследований. Например, спиртовка должна быть наполнена спиртом не менее чем на $\frac{3}{4}$ ее объема; зажигать спиртовку можно только спичкой, категорически запрещается делать это от другой спиртовки; зажженная спиртовка должна находиться на расстоянии не менее 30 см от экспериментатора; гасить пламя спиртовки следует колпачком. Кроме того, следует быть предельно внимательным при проведении опытов с кипящей водой и паром. На рисунке 2 приведена фотография экспериментальной установки для исследования явления парообразования.



Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования механических явлений



Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования тепловых явлений

В третьей части пособия приводится описание 37 лабораторных работ по разделу «Электрические явления». Состав комплекта «Электричество» обеспечивает возможность проведения школьниками типовых лабораторных работ, а также выполнение ими экспериментальных заданий по изучению цепи постоянного электрического тока, электромагнитных явлений, изучению принципа действия различных электроприборов и устройств. На рисунке 3 приведена экспериментальная установка для исследования различных видов соединения проводников при прохождении по цепи постоянного электрического тока/

В четвертой части пособия приводится описание лабораторных работ по разделу «Оптические явления», содержание которых соответствует требованиям ФГОС для специализированных и средних общеобразовательных школ. Все-

го пособие насчитывает 33 лабораторные работы. Состав комплекта «Оптика» обеспечивает возможность проведения школьниками типовых лабораторных работ, а также выполнение ими экспериментальных заданий по изучению отражения и преломления света, построению изображения в линзах, устройства и действия различных оптических приборов, волновых свойств света. На рисунке 4 приведена фотография экспериментальной установки для исследования явления и преломления света в оптических системах.

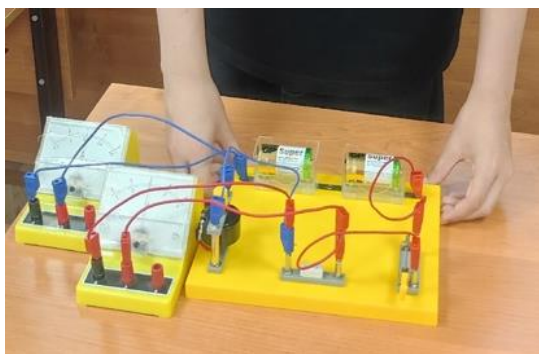


Рис. 3. Экспериментальная установка для исследования электрических явлений

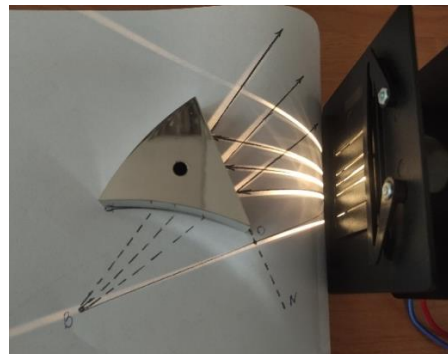


Рис. 4. Экспериментальная установка для исследования световых явлений

Описание каждой работы включает: ее название, цель проведения, перечень необходимого оборудования, пояснение к эксперименту, включающее его теоретическое обоснование и рекомендации по сборке и настройке экспериментальной установки, порядок подготовки к работе и последовательность действий по выполнению опыта, форму представления результатов измерений и вычислений в виде таблиц или графиков. Однако, если в процессе обучения предлагать эту информацию в виде готовых методических рекомендаций, цель формирования научных методов исследования достигается не в полной мере.

Для достижения новых образовательных результатов разработана и внедрена в практику обучения школьников концепция обучения эмпирическим методам познания физических явлений, в основании которой лежат следующие положения:

1. В цели обучения физике должно быть включено овладение учащимися эмпирическими методами познания физических явлений.

2. Учебный процесс должен строиться так, чтобы у учащихся возникла потребность в решении новых познавательных задач; это возможно, если на уроке реализована логическая последовательность осуществления познавательной деятельности: исходная ситуация → познавательная потребность → познавательная задача.

3. Для осознания содержания эмпирических методов познания физических явлений, они должны быть выделены самими учениками.

4. Содержание эмпирических методов познания физических явлений обязательно должно стать предметом усвоения, а для того, чтобы оно было усвоено, целесообразна методика, построенная в соответствии с положениями психолого-педагогической теории деятельности.

5. После выделения содержания эмпирических методов познания физических явлений учащиеся должны многократно применить их для познания новых явлений. Оптимальные возможности для этого предоставляют исследовательские экспериментальные работы, которые учащиеся выполняют на уроках для получения новых знаний. Как правило, в них необходимо реализовать одну из целей: 1) воспроизвести конкретное физическое явление; 2) установить зависит ли одна физическая величина от другой физической величины; 3) установить вид зависимости между величинами; 4) найти значение определенной физической величины. Цели этих работ совпадают с целями характерных познавательных задач, и могут быть достигнуты учащимися самостоятельно на основе сформированных у них методов [2].

Освоение программы «Цифровая лаборатория физики. Экспериментариум» осуществляется при выполнении физических исследований при изучении следующих разделов физики.

Раздел 1. Физический эксперимент и цифровые лаборатории.

1.1. Измерения физических величин. Относительная и абсолютная погрешности измерений.

1.2. Изучение особенностей цифровой лаборатория RELAB.

Раздел 2. Экспериментальные исследования механических явлений.

2.1. Исследование затухающих колебаний на примере пружинного маятника.

2.2. Исследование зависимости ускорения тела от его массы.

Раздел 3. Экспериментальные исследования тепловых явлений.

3.1. Термодинамическая система. Состояние и параметры термодинамической системы. Тепловое равновесие.

3.2. Температура как параметр состояния термодинамической системы.

3.3. Изменение внутренней энергии тела при трении и ударе.

3.4. Исследование изохорного процесса (закона Шарля).

3.5. Проверка справедливости уравнения теплового баланса.

3.6. Установление научного факта, отражающего закон Паскаля. Нахождения давления жидкостей.

3.7. Определение удельной теплоемкости вещества твердого тела.

3.8. Изучение процесса кипения воды.

3.9. Определение количества теплоты при нагревании и охлаждении.

3.10. Определение удельной теплоты плавления льда.

3.11. Изучение процесса плавления и кристаллизации аморфного тела.

3.12. Изучение условий образования кристаллов.

3.13. Изучения явления испарения.

3.14. Экспериментальные способы нахождения влажности воздуха.

Раздел 4. Экспериментальные исследования электрических явлений.

4.1. Исследование характеристик электрических цепей. Изучение правил измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного тока.

4.2. Экспериментальное изучение закона Ома для участка цепи.

4.3. Сборка электрической цепи и измерение силы тока и напряжения на различных участках при последовательном и параллельном соединении проводников.

4.4. Экспериментальное изучение закона Джоуля-Ленца.

4.5. Измерение электрического сопротивления источника постоянного тока с помощью омметра. Экспериментальное исследование зависимости электрического сопротивления проводника от его размеров и вещества.

4.6. Изучение зависимости КПД источника от напряжения на нагрузке.

4.7. Определение внутреннего сопротивления источника постоянного тока.

4.8. Экспериментальное изучение закона Ома для полной цепи.

4.8. Исследование зависимости сопротивления проводника от температуры.

4.9. Исследование явления электролиза в жидких электролитах. Нахождение заряда электрона.

Раздел 5. Экспериментальные исследования оптических явлений.

5.1. Исследование изображений в зеркалах

5.2. Исследование изображений в линзах.

Для выявления уровня усвоения содержания программы и своевременного внесения коррекций в образовательный процесс, проводится несколько видов контроля:

Входной (предварительный) контроль – определение исходного уровня знаний, умений, навыков перед началом обучения.

Текущий контроль – выявление объема и качества усвоения учебного материала. Выявление имеющихся пробелов в знаниях и нахождение путей их устранения. Установление уровня овладения навыками самостоятельной работы, определение путей их развития. Стимулирование интереса учащихся к предмету и их активность в познании. Текущее наблюдение за работой коллектива в целом и каждого ученика в отдельности.

Итоговый контроль (промежуточная аттестация) – выявление степени усвоения знаний раздела, нескольких тем, уровня сформированности исследовательских умений.

В качестве примера организации познавательной исследовательской деятельности учащихся опишем сценарий одного мастер-класса на тему «Экспериментальное исследование зависимости давления в жидкости от глубины погружения тела», реализованного на базе школьного Кванториума для учеников 7–8- класса.

Образовательная цель: экспериментально проверить утверждение о том, что давление, которое жидкость оказывает на погруженное в нее тело, зависит от глубины погружения.

Развивающая цель: научить устанавливать вид зависимости между давлением и глубиной погружения в ходе эксперимента.

Воспитательная цель: формирование умения работать в команде, культуры межличностного общения, в частности, умение слушать друг друга, высказывать свою точку зрения.

Оборудование для каждой исследовательской группы: цилиндр мерный, трубка прозрачная (2 штуки), трубка гибкая (2 штуки), держатель трубок, рулетка, шприц, детали штатива, стакан с водой.

Учитель: Добрый день, рада видеть Вас на мастер-классе в лаборатории Кванториума. Сегодня мы с вами проведем серию экспериментов, научимся рассчитывать давление в жидкостях на разной глубине, построим график и сделаем некоторые вычисления по графику.

Учитель: прежде чем приступить к практической работе предлагаю вспомнить опорные физические знания. Вам нужно ответить на несколько вопросов.

Первый вопрос: Пищу для космонавтов изготавливают в полужидком виде и помещают в тубики с эластичными стенками. При лёгком надавливании на тубик космонавт извлекает из него содержимое. На чём основан этот способ?

Ученик: Давление, производимое на тубик, передается в каждую точку жидкости, и она вытекает. Эта ситуация объясняется на основе закона Паскаля.

Учитель: Верно. В законе Паскаля утверждается, что давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений по всем направлениям.

Второй вопрос: почему железнодорожные шпалы кладут на сыпучий балласт (песок, гравий, щебень), а не прямо на твёрдую почву железнодорожного полотна?

Ученик: Сыпучий материал передает давление не только вниз, но и в стороны. Поэтому величина площади грунта, на которую распределяется вес поез-

да, увеличивается. Соответственно уменьшается давление на грунт. Это обеспечивает большую сохранность железнодорожного пути.

Учитель: Верно!

Учитель: А теперь давайте перейдем непосредственно к проведению исследований. В жидкостях частицы подвижны, поэтому они не имеют собственной формы, но обладают собственным объёмом, сопротивляются сжатию и растяжению; не сопротивляются деформации сдвига (свойство текучести). В покоящейся жидкости существует два вида статического давления: гидростатическое и внешнее. Вследствие притяжения к Земле жидкость оказывает давление на дно и стенки сосуда, а также на тела, находящиеся внутри неё. Давление, обусловленное весом столба жидкости, называют гидростатическим. Давление жидкости на разных высотах различно и не зависит от ориентации площадки, на которую оно производится.

Пусть жидкость находится в цилиндрическом сосуде с площадью сечения S . Высота столба жидкости равна h . Используя формулу для нахождения давления, можно записать:

$$p = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh.$$

Из этой формулы видно, что гидростатическое давление жидкости зависит от плотности жидкости, от модуля ускорения g свободного падения и от глубины h , на которой находится рассматриваемая точка. Гидростатическое давление не зависит от формы столба жидкости. Глубина h отсчитывается по вертикали от рассматриваемой точки до уровня свободной поверхности жидкости. В условиях невесомости гидростатическое давление отсутствует, так как при этих условиях жидкость становится невесомой.

Внешнее давление ($p_{\text{вн}}$) характеризует сжатие жидкости под действием внешней силы ($F_{\text{вн}}$). Его значение можно рассчитать по формуле:

$$p_{\text{вн}} = \frac{F_{\text{вн}}}{S}.$$

Примерами внешнего давления являются атмосферное давление и давление, создаваемое в гидравлических системах.

Французский учёный Б. Паскаль установил, что жидкости и газы передают оказываемое на них давление одинаково по всем направлениям. Данное утверждение называют законом Паскаля.

Интересный факт: обычно в краткой биографии Блеза Паскаля не упоминаются некоторые интересные подробности о том, как он вообще увлёкся физикой. Случилось это, когда будущему ученому было всего 11 лет. Однажды за обедом он задел столовым прибором фаянсовое блюдо, и его заинтересовала природа звука, который он при этом услышал. Тогда он выполнил серию экспериментов, результаты которых изложил в своей первой научной работе «Трактат о звуках» (1634–1635). В возрасте 10 лет Паскаль, не зная даже названий геометрических фигур, доказал одну из теорем Евклида.

Запишите в тетрадях основную познавательную задачу: «От чего зависит давление внутри жидкости? Каков вид зависимости между давлением, которое оказывает жидкости на погруженное в неё тело от глубины погружения?»

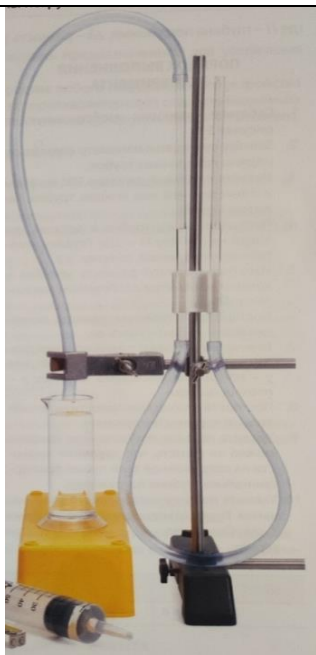
Для поиска ответа на познавательную задачу разобьёмся на исследовательские группы по два человека, как вы сидите за партами. В течение 5 минут необходимо спланировать ход проведения исследования с помощью представленного на партах оборудования.

Итак, опишите экспериментальную установку, порядок действий с ней, способы фиксирования результатов эксперимента.

Ученик: Для измерения давления, создаваемого жидкостями или газами, используют манометры. Наша группа предлагает использовать в качестве манометра изогнутую гибкую трубку.

Порядок проведения эксперимента представляет собой выполнение определенных действий.

После обсуждения предложений по проведению исследования учитель раздает на каждую парту учебную карточку 1.



Собрать экспериментальную установку.
 Залить шприцем в манометр воды до середины прозрачных трубок.
 Налить в мерный цилиндр 100 мл воды и поместите его под концом трубки, зажатый лапкой.
 Погрузить конец трубки в мерный цилиндр на глубину 3 см. Глубину контролировать рулеткой.
 Измерить рулеткой разность уровней в коленях манометра Δh .
 Повторить наблюдение дважды, погрузив конец трубки на 6 и 9 см.
 Вычислить для каждого наблюдения давление воды p по формуле: $p = \rho g \Delta h$.

Учитель: Изобразите таблицу для фиксирования экспериментальных данных и расчетов в тетради.

Таблица

№ измерения	H, см	Δh	p , Па
1	3		
2	6		
3	9		
4	7		

Постройте график зависимости давления воды от глубины погружения тела.

Укажите по виду построенного графика можно ли считать, что давление жидкости на погруженное тело прямо пропорционально глубине погружения.

Укажите по виду построенного графика, каким будет давление воды на глубине 7 см. Ответ проверьте экспериментально.

Учитель: рассчитаем погрешности измерений:

Абсолютная погрешность $\Delta A = A_x - A$ (A_x -результат измерений, A -истинное значение). Относительная погрешность $\delta = \frac{\Delta A}{A} * 100\%$

Учитель: итак, какова была цель нашего мастер-класса? Достигли ли мы её? На все ли вопросы мы получились ответы? Понравилось ли вам проводить исследования? Что запомнилось больше всего?

Таким образом, в процессе проведения исследования разработаны ориентиры для учителя, позволяющие спланировать и реализовать обучение методам познания физических явлений; программа обучения учащихся эмпирическим методам познания физических явлений на занятиях в школьном Кванториуме, набор дидактических материалов, позволяющих организовать обучение эмпирическим методам познания физических явлений и проконтролировать результаты обучения этим методам. Применение разработанных материалов способствует решению задачи обучения школьников методам научного познания, стоящей перед физическим образованием на современном этапе [7].

Список литературы

1. Артамонов Ю.В. Современный лабораторный комплекс по физике для развития проектной деятельности школьников / Ю.В. Артамонов, В.С. Пичугин, С.В. Степанов // Наука и образование: новое время. Научно-методический журнал. – 2017. – №6 (7). – С. 85–88. – EDN YLWESD.
2. Крутова И.А. Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений эмпирическим методам познания физических явлений: дис. ... д-ра пед. наук / Ирина Александровна Крутова. – Астрахань, 2007. – 362 с. – EDN QDZTUV.
3. Крутова И.А. Обучение школьников методам исследования физических явлений с применением эксперимента / И.А. Крутова, Т.В. Кириллова, Г.П. Стефанова. – Астрахань: Астраханский университет, 2017. – 124 с. – ISBN 978-5-9926-1012-3. – EDN ZVDVNB.
4. Крутова И.А. Развитие креативного мышления средствами образовательной робототехники как способ подготовки кадров по приоритетным направлениям науки, техники и технологий / И.А. Крутова, О.В. Крутова // Информационное общество. – 2023. – №6. – С. 69–76. – EDN NEOAQH.
5. Лебедева О.В. Подготовка учителя физики к проектированию и организации учебно-исследовательской деятельности учащихся: дис. ... д-ра пед. наук / Ольга Васильевна Лебедева. – Н. Новгород, 2020. – 381 с. – EDN OIJETQ.

6. Лозовенко С.В. Цифровые лаборатории в школьном физическом эксперименте / С.В. Лозовенко // Научно-практическое образование, исследовательское обучение, STEAM-образование: новые типы образовательных ситуаций: сборник докладов IX Международной научно-практической конференции (Москва, 8–10 февраля 2018 г.). – М.: Исследователь, 2018. – С. 207–210. – EDN VORWWA.

7. Теоретические и практические аспекты педагогики и психологии: монография / И.Е. Емельянова, О.Б. Мангова, В.В. Власичева [и др.]. – Чебоксары: Среда, 2023. – 236 с. DOI 10.31483/a-10504. – EDN KQDULF.

8. Травкина И.А. Организация исследовательской деятельности учащихся на занятиях по физике в школьном Кванториуме / И.А. Травкина, И.А. Крутова // Конвергенция современных образовательных политик для решения актуальных проблем общества: сборник трудов III Международной научно-практической конференции (Астрахань, 22–23 апреля 2024 года). – Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2024. – С. 118–120. – EDN FGOKZT.

Крутова Ирина Александровна – д-р пед. наук, профессор, профессор кафедры физики ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева», Астрахань, Россия.
