

УДК 371.214.41

ББК Ч 421.215.7

Ершов Михаил Георгиевич

учитель физики и информатики
средней общеобразовательной школы № 135
г. Пермь

Оспенникова Елена Васильевна

доктор педагогических наук,
профессор
заведующий кафедрой мультимедийной дидактики
и информационных технологий обучения,
Пермский государственный гуманитарно-педагогический
университет
г. Пермь

Ershov Michael Georgievich

Teacher of physics and computer science
Secondary school number 135,
Perm

Ospennikova Elena Vasilevna

Doctor of Pedagogy,
Professor
Chair of Multimedia Didactics and Information Technologies in Education,
Perm State Pedagogical University
Perm

***ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА
КАК ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ
ПО ФИЗИКЕ***

***EDUCATIONAL ROBOTICS AS THE MEANS OF KNOWLEDGE
IN EDUCATIONAL PROCESS IN PHYSICS***

В статье рассматриваются вопросы формирования у учащихся средней школы современной инженерной культуры. Образовательная робототехника определяется в качестве одного из средств решения этой задачи. Выявлены составляющие технологии применения робототехники в учебном процессе по физике. Определены особенности робототехники как инструмента познания. Обсуждается использование данного инструмента в учебном исследовании и техническом творчестве учащихся.

The article deals with the formation of modern engineering culture among secondary school students. Educational robotics is defined as one means of solving this problem. The components of robotics application technology in learning process in physics are revealed. The features of robotics as the means of knowledge are defined. The use of this means in research and technical creativity of students is discussed.

Ключевые слова: принцип политехнизма, техническая культура, обучение физике, образовательная робототехника, методы познания, технологии обучения.

Ключевые слова: polytechnical principle, technical culture, learning physics, educational robotics, methods of knowledge, learning technologies.

Обеспечение политехнической направленности учебного процесса – одна из важных задач профессиональной деятельности учителя. Результатом ее решения является овладение учащимися системой технических знаний (конкретных, обобщенных, в том числе метауровня обобщения). Школьники должны приобрести опыт решения элементарных технических задач в различных сферах учебной и трудовой деятельности. Важно, чтобы они имели представления о возможных следствиях этих решений в контексте отношений «общество (человек) – техника – природа» и осознавали в полном объеме уровень своей ответственности за полученный результат [3, 7].

Современная техносреда стремительно развивается. Техномир наполняется новыми объектами и их сложными системами. Преобразуется техническая инфраструктура жизнедеятельности социума. Старшее поколение еще помнит, как стремительно начавшаяся в начале 80-х гг. прошлого века информатизация общества изменила техносреду к началу XXI столетия. Есть все основания полагать, что новая инфраструктурная революция будет связана с процессами роботизации всех сфер жизнедеятельности человека. В ближайшем будущем в условиях прорывных IT-достижений и стремительного развития технологий создания новых материалов производство, сфера науки и культуры, вся система сервисов, а также наш быт будут насыщены робототехникой. Роботы будут функционировать рядом с нами, а также взаимодействовать между собой и с человеком на больших расстояниях, в том числе в сетевом беспроводном варианте.

Выпускник современной школы должен быть готов к жизнедеятельности в роботизированной среде. В связи с этим перед школой должна быть поставлена новая и весьма масштабная задача: подготовка будущих потребителей услуг роботизированной среды, а также будущих производителей роботизированных систем (инженеров-исследователей,

инженеров-конструкторов, инженеров–технологов). Решение этой задачи связано формированием у учащихся средней школы технической культуры нового содержания и нового уровня развития. Является важным выявление среди них наиболее способных и заинтересованных техническим творчеством, должна быть обеспечена всесторонняя поддержка их индивидуального развития в избранном направлении.

В мировой системе образования робототехника функционирует уже более 15 лет. Интенсивное развитие робототехники как объекта технического творчества учащихся началось с появления в 1998 г. специализированных робототехнических наборов компании LEGO под названием LEGO Mindstorms с программируемым блоком RCX. В 2006 г. начался выпуск второго поколения LEGO Mindstorms с блоком NXT, а в 2013 г. появился набор третьего поколения, оснащенный блоком EV3. На сегодняшний день в продаже имеется около десятка робототехнических конструкторов различных производителей, предназначенных для детей разного школьного возраста и даже студентов. Соответственно стали проявляться учебные и методические пособия, поддерживающие распространение практики работы учащихся с теми или иными робототехническими наборами. В последние 6-7 лет заметно возросла активность российских школьников в робототехническом творчестве. Робототехника в отечественном образовании рассматривается как одно из эффективных направлений подготовки молодежи в области технического моделирования и конструирования.

Возможности робототехники (РТ) как объекта технического творчества учащихся чрезвычайно высоки. Тем не менее, в полной мере, по нашему мнению, они пока не реализуются в отечественной практике политехнического обучения. Занятия робототехникой организуются преимущественно в системе дополнительного образования или связываются с внеурочной работой школьников. Важно найти эффективные решения применения РТ в учебном процессе, и, учитывая мультидисциплинарность данной области технического знания, раскрыть возможности каждого учебного предмета в ее освоении учащимися. Содержание, методика и технологии применения образовательной робототехники в реализации политехнической направленности обучения в средней школе должны стать предметом специальных педагогических исследований.

Изучение пока еще немногочисленных методических работ по образовательной робототехнике, анализ и обобщение опыта применения РТ в школьной практике позволили нам рассматривать ее как вполне самостоятельную технологию обучения. В структуре этой технологии мы выделяем три составляющие: 1) РТ как объект изучения, 2) РТ как инструмент познания (исследования), 3) РТ как средство обучения, развития и воспитания. Выделенные компоненты структуры РТ определяются

ее основными образовательными функциями. В настоящей статье будет рассмотрено содержание одного из компонентов, а именно: робототехника как инструмент познания (*научного и научно-технического*). Каким образом в этом качестве робототехника может использоваться в учебном процессе по физике в средней школе?

I. Робототехника в научном познании и учебном исследовании.

В системе научного познания технические знания и объекты техники применяются, как правило, с целью постановки опытов (наблюдений, экспериментов).

Натурный опыт, реализуемый с применением технологий робототехники, может быть определен как *роботизированный*. Наблюдения и эксперименты этого вида уже используются во многих областях научного знания (исследования микромира, археология, подводные исследования, изучение внутреннего строения человеческих органов, анализ молекулярной структуры веществ, в том числе на наноуровне, исследования явлений и процессов в условиях ближнего и дальнего космоса и др.). Необходимость роботизации научных экспериментов определяется ключевыми функциями робота как технического объекта. Робот способен заменить человека в опасных и чрезмерно тяжелых экспериментальных работах, может решать поставленные задачи более эффективно и, наконец, выполнять работу, которую человек просто не хочет делать, освобождая себе время для решения сложных интеллектуальных задач, пока еще недоступных роботу. Роботизированный эксперимент или наблюдение отличаются более качественной реализацией процесса проведения, широким спектром и высокой точностью регистрации данных, их автоматическая накопление, обработка, полный и безошибочный формально-логический анализ, визуализация хода опыта и его результатов.

Нет сомнения в том, что учащиеся средней школы, осваивая методологию научного познания, должны овладеть элементарными умениями в постановке традиционных, компьютеризированных, а теперь уже и роботизированных опытов. Курс физики средней школы и оборудование по образовательной робототехнике предоставляют им такую возможность.

Рассмотрим пример постановки роботизированного эксперимента по исследованию закономерностей колебаний пружинного маятника. На рис.1 представлена установка для данного эксперимента, собранная на базе робототехнического набора LEGO Mindstorms EV3. В эксперименте в полном объеме реализованы три системы кибернетической модели робота. Это системы управления, исполнения и сбора данных. Робот функционирует по схеме с обратной связью. Система управления формирует команды для системы исполнения по заданной программе, а система сбора данных обеспечивает обратную связь с системой управления,

«информируя» ее о состоянии внешней среды и результатах выполнения команд.



Рис.1. Установка для исследования закономерностей колебаний пружинного маятника

В данном эксперименте на автоматическом уровне реализуются: физические манипуляции с элементами установки, сбор и обработка данных, а также их вывод на экран микропроцессора и компьютера. Последовательно запускаются механизмы, обеспечивающие: вывод системы из положения равновесия и «гашение» свободных колебаний, изменение массы маятника за счет увеличения числа грузов в подвесе, изменение жесткости пружины, которое достигается уменьшением длины ее рабочей части. В ходе эксперимента последовательно запускается две программы: 1) исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от его массы, 2) исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины. В управляющей программе задаются значения масс и коэффициентов жесткости, число испытаний, математические формулы для обработки результатов эксперимента. Период колебаний оценивается по графику зависимости расстояния от датчика до колеблющегося маятника от времени. Графики выводятся на экран компьютера (рис. 2).

Роботизированный эксперимент длится не более минуты. Возможно его многократное повторение, в том числе в условиях изменения исходных данных. По результатам такого эксперимента учащиеся могут сделать выводы о закономерностях колебательного движения пружинного

маятника.

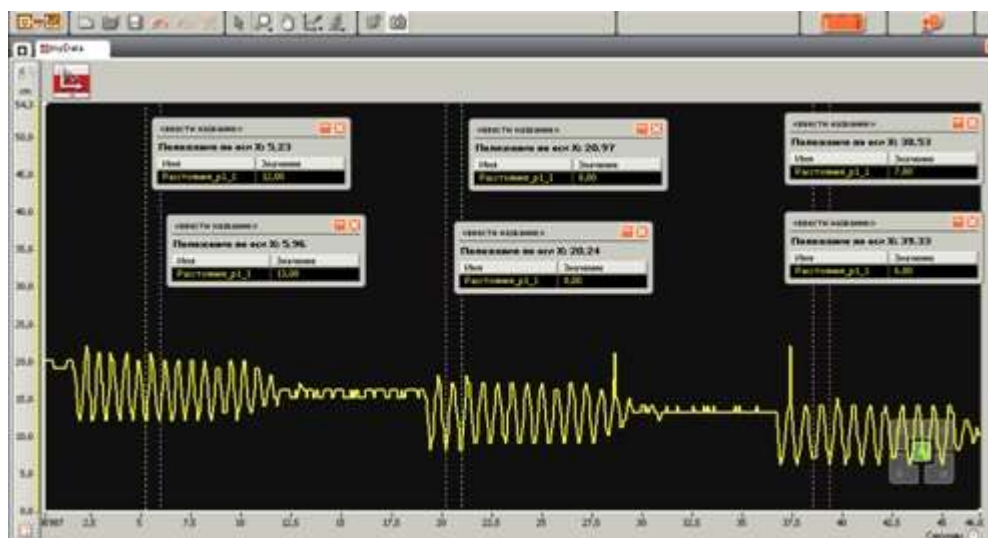


Рис. 2. График зависимости расстояния от датчика до колеблющегося маятника от времени

Отметим преимущества роботизированного эксперимента как инструмента познания.

При проведении такого эксперимента за счет применения датчиковых систем сбора данных существенно повышается качество измерений. Появляется возможность автоматического воздействия на объект исследования. Возрастает точность задаваемых параметров воздействия и становится возможной автоматическая регулировка этих параметров. Контролируется время реакции роботизированной системы на внешнее воздействие. Робот-экспериментатор может автоматически «контролировать» и «регулировать» состояние своих систем по различным параметрам. Так, например, точность поворота вала электродвигателя учебного робота составляет всего один градус, что позволяет обеспечить в достаточной мере равномерность вращения исследуемого объекта, равномерность поступательного движения какой-либо механической части системы, строгую периодичность колебаний и т.п. В условиях роботизированного эксперимента система сама может подстраиваться под нужный режим работы: например, «обходить» резонансные частоты», регулировать температуру исследуемых объектов, поддерживать давление газа в сосуде, «следить» за уровнем освещенности поверхности или изменением ее цветности, корректировать значения параметров электрической цепи и т.д. Наличие электроники в аппаратной части роботизированной установки в сочетании с быстродействием микропроцессора позволяет достигать необходимой скорости реакции системы на различные воздействия.

Являются возможными не только сбор данных с датчиков и запись их в память микрокомпьютера, но передача этих данных в реальном времени через USB кабель, Wi-Fi или Bluetooth на удаленный компьютер для оперативной обработки. Следует отметить, что программа «NXT 2.1 Data Logging», а также аналогичный модуль «Эксперимент» программы «MINDSTORMS® Education EV3» имеют ряд инструментов для компьютерной обработки данных эксперимента. Применение этих инструментов позволяет отображать численные данные для выбранной точки графика, фиксировать минимальное, максимальное и среднее значения в выделенном диапазоне графика, менять цвет графика, представлять в одной координатной плоскости нескольких графиков, выполнять их линейную аппроксимацию и др.

Немаловажной является возможность многократного воспроизведения эксперимента. Число испытаний может задаваться на программном уровне. Снижается общее время на проведение исследования. Так, например, роботизированные эксперименты по механике длятся, как правило, не более 30-40 секунд. За такой короткий срок экспериментатор получает целую серию данных об исследуемом явлении.

Если в экспериментальной установке использовать не один робототехнический набор, то можно проводить более сложные многоэтапные физические эксперименты.

Учащиеся могут работать не только с «готовой» роботизированной установкой. Является возможным их участие в ее создании и настройке. Как правило, к этой работе привлекаются ребята, увлекающиеся робототехническим конструированием и программированием.

II. Робототехника в научно-техническом исследовании и в организации технического творчества учащихся. В системе научно-технического познания робототехника представлена в разном качестве.

1. Робот может служить эффективным инструментом изучения или диагностики уже созданных технических объектов, начиная с исследования уникальных артефактов и заканчивая диагностикой современной производственной и сервисной техники (поиск дефектов, оценка их масштаба, выявление несоответствия свойств объекта заданным показателям, предотвращение угрозы технического сбоя в работе, брака в изготовлении и др.). Уже созданы и функционируют различные роботизированные технологические комплексы диагностики (РТКД). Это роботы, оснащенные датчиками и сканирующими системами. Они перемещаются относительно объектов контроля, накапливают и обрабатывают информацию об исследуемых объектах, передают сигналы о состоянии этих объектов и его изменениях.

Применение робототехники в таких исследованиях исключает влияние субъективных факторов, сокращает время поиска технического де-

фекта, повышает точность его диагностики, обеспечивает проведение при необходимости диагностических испытаний, а в ряде случаев и автоматическое устранении дефекта.

Наиболее известны как «исследователи» роботы-змеи, предназначенные для поисково-спасательных работ в аварийных зданиях, для исследования и даже ремонта трубопроводов сложных конфигураций, изучения подземных тоннелей и т.п. Такие роботы постоянно совершенствуются, расширяется область их применения.

Справедливости ради надо отметить, что проблемы с «дефектами» и «отказами» в работе технических устройств (в том числе и установок для научного эксперимента) нередко выводили исследователей на постановку новых научных проблем и приводили в итоге к выдающимся открытиям в науке или уникальным техническим изобретениям. Это свидетельствует о том, что роботы, предназначенные для исследования объектов техники, занимают весьма важное место в системе научно-технического познания.

Учащимся средней школы следует разъяснить роль роботов в научно-техническом исследовании и познакомить с физическими принципами работы основных узлов таких роботизированных устройств. В рамках проектной деятельности в условиях командной работы школьники могут создавать простейшие модели подобных роботов, например, для исследования магнитных полей полосовых магнитов или токов различной конфигурации. При выполнении этих заданий может с успехом использоваться компьютерная обработка данных и их визуализация [1]. Возможно создание и других роботизированных систем, работающих на основе известных физических явлений: магнитоискателя, миноискателя, устройств слежения за источниками света, диагностики аккумуляторных батарей и др. [8]. Следует активно развивать это направление проектной деятельности учащихся, создавать соответствующие базы учебных проектов и методические материалы для самостоятельной работы учащихся [2, 5, 7].

2. *Проектирование робота может являться целью научно-технического исследования.* Создание новых и более совершенных роботизированных систем – одна из самых актуальных проблем современной инженерии. К задачам инженерной деятельности относятся: выполнение аналитического исследования технической проблемы, изобретение или модернизация технического объекта с целью ее решения, изготовление и исследование модели данного объекта, создание и внедрение реального технического объекта в соответствующую область социальной практики, поддержка его работы, своевременная диагностика и устранение возникающих дефектов.

К методам научно-технического познания относятся: а) методы

аналитического исследования, б) натурный эксперимент, в) математическое и компьютерное моделирование, г) физическое моделирование технических конструкций и технологий. На элементарном уровне любой из этих методов является вполне доступным для освоения учащимися.

Привлечение школьников к созданию новых моделей роботов или к модернизации уже находящихся в использовании вполне возможно и может быть организовано в рамках элективных курсов по физике, на факультативных занятиях и во внеурочной работе по предмету. Выполнение таких заданий наиболее целесообразно организовать в рамках проектно-ориентированного обучения. Полезно каждый проект сделать объектом командной работы учащихся.

Школьников следует ориентировать на проектирование и создание моделей робототехнических систем различных видов. Объектом моделирования могут стать и экспериментальные установки для физического эксперимента, и технические устройства другого назначения. Необходимо позаботиться о том, чтобы учащиеся в ходе разработки проекта обеспечили наличие у робота различных свойств и функций: перемещение как целого или его отдельных частей, наличие таких свойств, как «осязание», «обоняние», «зрение», «слух». Следует ставить задачи моделирования «речи», «памяти», «нервной системы», элементов искусственного «интеллекта». Результаты такого моделирования в итоге объединяются и программно связываются в виде целостной функционирующей конструкции. Далее исследуются особенности взаимодействия робота с внешней средой, вносятся необходимые коррективы в его конструктивные и программные решения.

На современном этапе развития методов научно-технического познания особое значение приобретают методы *компьютерного моделирования* [4]. Виртуальные модели в комплексе с реальным оборудованием позволяют инженерам при проектировании технических устройств находить наиболее целесообразные решения. С помощью специального программного обеспечения может быть выполнена разработка полного цифрового макета робота. К таким программным средам предъявляется целый ряд требований, а именно: 1) возможность создания виртуальной модели робота подобной его реальной физической модели; 2) возможность виртуального моделирования поведения модели робота в среде, схожей с реальным физическим миром; 3) трехмерная визуализация модели робота и ее поведения в виртуальной среде; 4) возможность использования программ, написанных для виртуальной модели робота, для аналогичного реального робота.

В настоящее время предпринимаются попытки создать такие среды и для системы среднего образования. Известны продукты компании РобоЭд, программное обеспечение LEGO для наборов LEGO Mindstorms,

включая программу LEGO Digital Designer, позволяющую моделировать статичные конструкции роботов. Существует альтернативные среды программирования: среда LabVIEW с дополнительным модулем LabVIEW LEGOMINDSTORMS, среда RobotC, среда VEX Assembler для наборов компании VEX Robotics. Разработка и внедрение данных сред в учебную практику – актуальна проблема современной образовательной робототехники.

Для *натурного моделирования* созданы специальные конструкторы по образовательной робототехнике. Наиболее известна в России линейка наборов Lego, а именно: Lego education WeDo, Lego MINDSTORMS EV3, Tetrix. Используются наборы от фирмы Huna: Fun&Bot, Kicky, Class, Top, Human-robot и др. С каждым годом число наборов по образовательной робототехнике увеличивается, растет их качество, ширится спектр возможностей в создании роботов различных видов и уровней сложности.

Выше был приведен пример роботизированной установки для физического эксперимента (рис. 1, 2). Как уже отмечалось, данная установка вполне может стать для учащихся объектом самостоятельного проектирования.

Разработка модели (прототипа) новой экспериментальной установки или усовершенствованной известной всегда связано с предпроектным исследованием. Схема разработки классического натурного эксперимента известна. В случае создания его роботизированной версии ситуация с предпроектным исследованием усложняется. Учащимся необходимо выполнить дополнительные действия. Это выбор элементов конструктора, наиболее подходящих для воспроизведения и диагностики исследуемого в эксперименте явления. В ряде случаев возможно создание новых элементов или модернизация имеющихся. Необходимо определить механизмы и устройства для реализации хода эксперимента, подобрать программное обеспечение и написать программу для управления исследованием. Наконец, учащимся необходимо сделать выбор технологии сбора и обработки экспериментальных данных.

При проектировании технического объекта как роботизированной системы предпроектное исследование связано: с изучением назначения данного объекта и системы его требуемых функций; определением физических основ работы объекта и механизма использования «физики» в его конструкции (т.е. с решением вопроса о принципе действия); выявлением составляющих системы обратной связи и механизмов управления работой объекта. Чуть более простой задачей для предпроектного исследования является модернизация уже имеющейся конструкции роботизированной модели технического объекта.

Отметим, что в учебной практике (как и в реальном производстве) технологии виртуального и натурального моделирования роботов, как правило, реализуются совместно.

На рис. 3 представлен один из проектов, созданных учащимися в рамках элективного курса *«Лабораторный практикум по физике с применением робототехники»*. Это модель роботизированной установки для изучения магнитной передачи «Магнитная муфта».



Рис. 3. Модель роботизированной установки для изучения магнитной передачи «Магнитная муфта»

Магнитная муфта состоит из двух магнитных шестерёнок. Магнитная шестерёнка представляет собой диск, на котором вдоль всей его окружности закреплены магниты с чередованием северных и южных магнитных полюсов. Идея магнитной передачи состоит в том, что при сближении шестерёнок возникает магнитное сцепление, и одна магнитная шестерёнка передаёт вращение другой посредством магнитного поля. При выполнении данного проекта учащимся необходимо было не только реализовать в роботизированном варианте идею магнитного сцепления, но и подготовить соответствующий лабораторный эксперимент. В эксперименте решались следующие задачи: 1) определение частоты вращения ведомого вала, 2) исследование зависимости магнитного сцепления от скорости вращения ведущей шестерни и расстояния между шестерёнками.

Отметим, что рассмотренный выше проект относится к проектам особого вида. При выполнении таких проектов используются не только детали робототехнического конструктора, но и оборудование школьного физического кабинета, кабинета технологии, домашняя бытовая техника, различные приборы и инструменты. В рамках именно таких проектов

решаются сложные технические задачи, а сам проект может оказаться не просто интересным, но и уникальным.

Итак, мы рассмотрели одну из составляющих образовательной робототехники как технологии обучения физике (*робот как инструмент познания*). На основе проведенной в рамках настоящего исследования опытно-поисковой работы можно утверждать, что результатами внедрения этой технологии в учебный процесс по физике являются освоение учащимися современных технологий проведения физического эксперимента и приобретение начального опыта решения задач, связанных с моделированием и конструированием простейших роботов. Расширяются и углубляются знания учащихся по предмету, включая область технических приложений физики, совершенствуются их познавательные умения и навыки, формируются учебно-исследовательские компетенции [5, 6, 7]. Проектная деятельность школьников по образовательной робототехнике имеет большое воспитательное значение и способствует становлению у них целого комплекса значимых личностных качеств [7, с.368-373].

Список литературы

1. Белиовская Л.Г. Система LEGO Mindstorms NXT в современном физическом эксперименте. URL: http://www.ros-group.ru/content/data/store/images/f_4404_28202_1.pdf (дата обращения: 10.11.2014).
2. Ершов М.Г. Проектирование учебных модулей для школьного физического практикума с применением учебных наборов по образовательной робототехнике / Д.А. Антонова, А.Ю. Дерюшев, М.Г. Ершов, О.Н. Чурилов // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». 2014. вып.10. С. 154 -165.
3. Ильин И.В. Систематизация и метауровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике / И.В. Ильин, Е.В. Оспенникова // European Social Science Journal. 2012. № 3 (19). С. 111-118.
4. Оспенникова Е.В. Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе: методическое пособие/ Е.В. Оспенникова. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. 655 с. ISBN 978-5-9963-0111-9.
5. Оспенникова Е.В. Развитие самостоятельности школьников в учении в условиях обновления информационной культуры общества: В 2 ч.: Ч. II. Основы технологии развития самостоятельности школьников в изучении физики: моногр. Пермь: Электронные издательские системы ОЦНТИ ПГТУ, 2003. 328 с. ISBN 5-85218-164-1.

6. Оспенникова Е.В. Развитие самостоятельности учащихся при изучении школьного курса физики в условиях обновления информационной культуры общества: дис. ... д-ра. пед. наук. Пермь, 2003.
7. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: монография / Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой. Пермь: Пермское книжное издательство, 2014. 502 с. ISBN 978-5-85218-765-9.
8. Физические исследования с Vernier и LEGO Mindstorms NXT: лабораторные занятия по науке и технологиям, проектированию и математике с использованием датчиков Vernier. Бивертон: Vernier Software and Technology (США, штат Орегон), 2009.

Статья публикуется впервые.

16.03.2015

Перевод фамилии, инициалов, названия статьи, аннотации 40–50 слов и ключевых слов (на английском языке) – см. в начале статьи

Сведения об авторах

Оспенникова Елена Васильевна,

доктор педагогических наук, профессор, кафедра мультимедийной дидактики и информационных технологий обучения, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет (Пермь); 614990, г. Пермь, ул. Пушкина, 42; e-mail: evos@bk.ru.
Тел. 89129875491

Ершов Михаил Георгиевич

учитель физики и информатики МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 135 г. Перми»; 614017, г. Пермь, ул. Старцева, 9; e-mail: er4@rambler.ru. Тел.: 89223016544

Для оформления договора

ФИО: Ершов Михаил Георгиевич

Паспорт: 5703 644385 УВД Мотовилихинского. р-на г. Перми, 20.12.2002

Дата рождения: 18.01.1970

Адрес: Пермь, Добролюбова, 4а, 11

ИНН: 590601359490

Номер страхового свидетельства: 029-343-422-46

Тел.: 89223016544
e-mail: er4@rambler.ru