



ВЕСТНИК

пермского государственного
гуманитарно-педагогического
университета

12 • 2016

серия

**Информационные
компьютерные
технологии
в образовании**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»

Кафедра мультимедийной дидактики и информационных технологий обучения

12 +

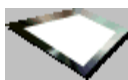
ВЕСТНИК
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия

**«Информационные компьютерные технологии
в образовании»**

ВЫПУСК 12 / 2016

Научный журнал



Пермь
ПГГПУ
2016

Учредитель – ГОУ ВПО «Пермский государственный педагогический университет»

Издатель – ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»

Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия «Информационные компьютерные технологии в образовании»: научный журнал / ред. кол.: А.К. Колесников (науч. ред.), Е.В. Оспенникова (гл. ред.), Е.А. Еремин, А.А. Оспенников, И.В. Ильин (выпуск. ред.); Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т. – Пермь, 2016. – Вып. 12. – 142 с.

Представлены результаты педагогических исследований по актуальным проблемам информатизации образования. Обсуждаются структура и содержание виртуальной среды обучения, перспективы ее развития. Рассматриваются вопросы методики применения цифровых информационных ресурсов в учебном процессе средней общеобразовательной школы и вуза. Анализируются направления инновационного обновления учебной практики в условиях непрерывно развивающейся системы ресурсов и инструментов виртуальной среды. Излагаются научно-методические подходы к разработке учебных занятий и особенности их организации с применением средств ИКТ, дано описание опыта работы учителей средних общеобразовательных школ и преподавателей вузов по использованию компьютерных технологий в обучении.

Издание адресовано научным сотрудникам и преподавателям вузов, аспирантам, магистрантам и бакалаврам педагогических университетов, учителям средних общеобразовательных школ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.К. КОЛЕСНИКОВ – ректор ПГГПУ, проф. (научный редактор)
Е.В. ОСПЕННИКОВА – д-р пед. наук, проф. (главный редактор)
Е.А. ЕРЕМИН – канд. физ.-мат. наук, доц. (зам. главного редактора)
И.В. ИЛЬИН – канд. пед. наук (выпускающий редактор)
А.А. ОСПЕННИКОВ – канд. пед. наук (выпускающий редактор)

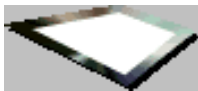
Журнал включен в «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ)
(дата регистрации № 270-04/2014 от 28.04.2014)

Журнал зарегистрирован как сериальное сетевое издание в международном регистрационном каталоге
(ISSN International Centre. Франция, Париж)

Сайт журнала Вестник ПГГПУ. Серия «Информационные компьютерные технологии в образовании»
URL: <http://mdito.pspu.ru/?q=node/89>

Электронная почта журнала: e-mail: rio@pspu.ru – Оспенниковой Елене Васильевне

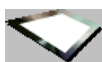
Печатается по решению редакционно-издательского совета
Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета



НАШИ АВТОРЫ

-
-
-
-
-
- ♦ **ДАВЫДОВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ** • студент физического факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, выпуск 2015 г., направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Информационные системы в образовании»
 - ♦ **БУКУШЕВА АЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА** • кандидат педагогических наук, доцент кафедры геометрии Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского
 - ♦ **БАЯНДИН Дмитрий Владиславович** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики Пермского национального исследовательского политехнического университета
 - ♦ **ЕРЕМИН Евгений Александрович** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
 - ♦ **ЕРШОВ Михаил Георгиевич** • кандидат педагогических наук, заместитель директора по информатизации, учитель физики и информатики МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 135 с углубленным изучением образовательной области «Технология», г. Пермь
 - ♦ **ЗЕНЦОВА Инна Михайловна** • ст. преподаватель кафедры математики и физики Соликамского государственного педагогического института (филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета)
 - ♦ **ИЛЬИН ИВАН ВАДИМОВИЧ** • кандидат педагогических наук, доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, доцент кафедры информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного национального исследовательского университета
 - ♦ **ОСПЕННИКОВ АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ** • кандидат педагогических наук, профессор, зав. кафедрой мультимедийной дидактики и ИТО Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
 - ♦ **ОСПЕННИКОВА ЕЛЕНА ВАСИЛЬЕВНА** • доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой мультимедийной дидактики и ИТО Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета

СОДЕРЖАНИЕ



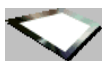
ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ЕРЕМИН Е.А.

ОБ ИЗУЧЕНИИ ОСНОВ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ
ИНФОРМАТИКИ • С. 5–20

БУКУШЕВА А.В.

СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ В УЧЕБНЫХ ПРОЕКТАХ
ПО ГЕОМЕТРИИ • С. 21–29



ЭЛЕКТРОННЫЕ УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ И МЕТОДИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ

БАЯНДИН Д.В.

УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКТОРОВ
• С. 30–45

ЗЕНЦОВА И.М., ОСПЕННИКОВА Е.В.

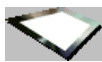
ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИКТ В ОРГАНИЗАЦИИ ДОМАШНЕГО
ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА • С. 46–82

ИЛЬИН И.В.

СОДЕРЖАНИЕ И СРЕДСТВА ДИДАКТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ
КУРСА ПО ВЫБОРУ «ПРИНЦИП ПОЛИТЕХНИЗМА В ОБУЧЕНИИ
ФИЗИКЕ» • С. 83–101

ДАВЫДОВ С. В.

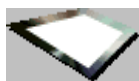
РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИЖАНРОВОГО МОДУЛЯ
ПО ТЕМЕ «ДИФРАКЦИЯ ФРЕНЕЛЯ» • С. 102–116



НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

ОСПЕННИКОВА Е.В., ЕРШОВ М.Г., ОСПЕННИКОВ А.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В УЧЕБНОМ
ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ • С. 117 – 142



ОБ ИЗУЧЕНИИ ОСНОВ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ

Объектно-ориентированное программирование (ООП) в настоящее время стало одной из ведущих технологий разработки программного обеспечения. Объектные принципы также широко применяются в современном программном обеспечении (ПО), в частности, сюда относятся известные каждому пользователю органы управления графического интерфейса. Хотя преимущества раннего изучения объектно-ориентированных (ОО) концепций достаточно очевидны, оно встречает целый ряд трудностей, так что в результате в профессиональном сообществе нет единства мнения по этой проблеме. В данной публикации на основе анализа описанного в литературе опыта преподавания ООП обосновывается необходимость включения данной темы в школьный курс информатики. Особенностью предлагаемой автором методики изучения темы является отделение рассмотрения базовых ОО принципов от освоения конкретного языка программирования вроде Java или C#. В качестве альтернативы разработано оригинальное программное обеспечение, которое знакомит учеников с концепциями ОО подхода в процессе строительства из отдельных объектов виртуального компьютерного мира.

К л ю ч е в ы е с л о в а : объектно-ориентированное программирование, ООП, концепции, обучение, информатика, школьный курс, программная поддержка.

Введение

В настоящее время объектно-ориентированный подход является господствующей парадигмой в профессиональной разработке программного обеспечения. Большая часть программистов признает достоинства ООП при разработке сложных систем, и в результате практически все современные языки программирования включают в себя поддержку этой технологии. Объекты широко используются не только при написании программ, но и при разработке внутренней организации систем, а также их интерфейса. Например [24], ОО подход позволяет описать такие важные понятия, как организация процессов для каждой из задач в современных операционных системах, механизм обмена сообщениями между компонентами сложных систем и даже работа пользователя со стандартными органами управления графического интерфейса. Идеи, похожие на наследование в ООП, обнаруживаются в области искусственного интеллекта, где для представления знаний широко применяются иерархические структуры. Архитектура современных компьютеров строится из отдельных модулей, разнообразных по внутренней организации, но

соединенных общими интерфейсами. Даже в образовании мы можем увидеть примеры, когда учебное программное обеспечение конструируется на основе модульных объектов [32].

Такое широкое применение идей ОО подхода в промышленности, теоретической информатике и техническом образовании требует широкого знакомства с его идеями, но это наталкивается на целый ряд трудностей. Прежде всего, сам подход базируется на очень высоком уровне абстракции, так что понимание его сути может порождать серьезные когнитивные проблемы [17; 18; 31; 35]. К тому же знакомство с ООП обычно сопровождается одновременным изучением новых для ученика конструкций языка программирования. Существуют и другие факторы, осложняющие преподавание ООП [21], например, отсутствие подходящих, тщательно продуманных учебных материалов по обсуждаемой теме, а также программной поддержки для ее закрепления. В частности, после подробного исследования литературы по преподаванию ООП в [28] было сделано заключение о нехватке педагогических методик, подходящих учебников и программных сред для начинающих. Несмотря на существование разнообразных идей по поводу обучения основам ООП, единой позиции в этом вопросе до сих пор не сформировалось.

В данной работе предлагается начинать изучение фундаментальных идей ОО подхода в школьном курсе информатики. Для этого разработан оригинальный метод, который помогает сформировать у учеников фундаментальные понятия ОО подхода в процессе построения на компьютерном дисплее некоторого виртуального мира, состоящего из различных объектов. Для поддержки занятий было написано специальное программное обеспечение. Для тех, кто, возможно, захочет создать альтернативную версию программной поддержки, приводится описание принципов организации ПО; использование этих сведений поможет желающим разработать аналогичные (возможно, более совершенные) учебные программы.

«Очевидно, что начинающие программисты сталкиваются с очень трудной задачей. Изучение программирования включает в себя усвоение комплекса новых знаний, связанных с этим стратегий и практических навыков» [30]. Поэтому далее будут рассмотрены те трудности, которые возникают в преподавании ООП, и идеи, как можно преодолеть эти трудности. Поскольку количество публикаций по проблемам ООП огромно, из них выбраны только те, которые наиболее близки к теме статьи.

Первоочередное изучение объектов (objects first)

Первый же опыт преподавания ООП немедленно показал, что есть существенная разница при обучении студентов, которые уже знают какой-либо язык программирования, по сравнению с «новичками». Как оказалось, после освоения классического (*императивного*) программирования ООП подход вызывает определенные трудности – ученикам требуется «перестройка» мышления. Подобное явление даже получило специальное название «*изменение парадигмы*» (*paradigm shift*). Чтобы избежать этой трудности, была предложена технология *первоочередного изучения объектов*. Как следует из названия, она предлагает изучать базовые принципы ООП с самого начала – до каких-либо языков программирования. В этом случае ученики сразу начинают с объектов, наследования и прочих фундаментальных понятий ООП и только после экспериментирования с этими идеями «переходят к знакомству с более традиционными контрольными структурами, но всегда в контексте последующего фокусирования на объектно-ориентированном дизайне» [9].

Развернутая всесторонняя дискуссия о преимуществах первоочередного и более позднего изучения объектов не привела к единой позиции. В частности, здесь необходимо сослаться на широкое обсуждение экспертами темы в Интернете в 2004 году, обзор которого опубликован в [22]. Был сделан вывод, что «в исследовательской литературе отсутствует консенсус, является ли подход «objects first» или императивный подход сложнее для обучения».

Экспериментальные исследования также дают противоречивые результаты. Например, в публикации [15] утверждается следующее. «Главный результат исследования заключается в том, что нет разницы между «ООР-first» и «ООР-later» по отношению к результатам обучения». Напротив, исследование [34] привело к положительному заключению: «Можно утверждать, что ученики, обучавшиеся методом "object-first" достигли более высоких показателей».

Необходимо упомянуть, что экспериментальные исследования отчетливо показывают разницу в понимании программных текстов ОО стиля [29]. «У начинающих программистов при понимании ОО программы формируется ярко выраженная предметная модель, тогда как при императивном стиле программы у них формируется ярко выраженная программная модель». Более детальный обзор этой проблемы можно посмотреть в [30]. С точки зрения нашего рассмотрения этот тезис подтверждает, что ООП дает более высокий уровень понимания, и это может служить еще одним аргументом в пользу его изучения.

Возможное смещение понятий

Другой проблемой преподавания ООП является возможная путаница в головах учеников по поводу фундаментальных понятий. Большой список смещения ООП терминов был выявлен в работе [17] в результате анализа результатов студентов после дистанционного освоения курса. Как оказалось, студенты путали даже две базовые концепции – объект и класс. Более поздние публикации [28, 31, 35] подтвердили это явление.

Какой педагогический вывод следует из этого четко установленного различными исследователями факта? Фундаментальные ООП концепции, не зависящие от используемого конкретного языка программирования, необходимо преподавать очень скрупулезно. Возможно даже рациональнее изучать их *до* знакомства с языком, чтобы не отвлекать учеников от сути концепций.

Сложность подбора примеров

При разработке вводного курса ООП имеется и еще одна, достаточно специфическая, трудность: очень сложно подобрать доступные пониманию начинающих примеры. Корень проблемы в том, что технология ООП придумана для сложных программных систем и ее преимущества на простых задачах продемонстрировать затруднительно. Ситуация осложняется еще и тем, что в профессиональной литературе подавляющее число примеров строится вокруг банковской деятельности или информационных систем отдела кадров предприятия, что, как не трудно догадаться, довольно далеко от жизненного опыта учеников. Поэтому при изучении основных идей ОО подхода в школе о практической части курса необходимо заботиться не меньше, чем о теоретической. К счастью, при должном внимании к данной проблеме найти подходящие примеры все же удастся [1, 8].

Выбор языка, микромиры

Учителя часто спорят, какой язык лучше подходит для тех или иных целей обучения. Исследователи также тщательно изучают эту проблему, проводя детальное сравнение различных языков [23; 25]. Дискуссия по поводу языка ООП для начинающих еще более актуальна, поскольку они часто «фиксируют внимание на деталях языка, теряя общую картину, причем не имеет значения, как сильно мы подчеркиваем все эти концепции» [31].

Очевидно, что язык для начинающих должен быть кратким, с простыми правилами и без избыточных возможностей. Такие *мини-языки* [13] часто специально создаются для изучения основ программирования. «Время, необходимое для освоения самого мини-языка, мало, следовательно, студенты могут тратить большую часть своих усилий на более важные проблемы» [13].

Кроме простоты учебные мини-языки имеют еще одно существенное преимущество: они всегда строятся на базе некоторых виртуальных сред, так что программа студента управляет некоторым объектом (*исполнителем*). Такую учебную среду часто называют *микромиром* [9; 13; 25; 33]. Использование микромира при обучении дает два существенных преимущества: дополнительную мотивацию учеников (введением игровых элементов) и упрощение языка программирования и среды разработки.

В российской методике преподавания школьного курса информатики идеология исполнителей развивается очень активно. Уже в системе самого первого школьного компьютера «Агат», которая называлась «Школьница» [4], была предусмотрена целая библиотека исполнителей, предназначенных для формирования у учащихся способности к алгоритмическому мышлению [3]. Позднее для поддержки известного школьного учебника, написанного коллективом авторов под руководством А.Г. Кушниренко [6], была создана еще одна система исполнителей – *КуМир* (Комплект Учебных МИРов). Эта система программирования, предназначенная для поддержки начальных курсов информатики, прекрасно зарекомендовала себя в школе [5, 13] и широко используется до сих пор. Другой, не менее популярный среди школьных учителей набор исполнителей – *Роботландия* [7] был создан в 1991 году под руководством общепризнанных специалистов в области школьной информатики Ю.А. Первина и А.А. Дуванова. Существует и множество других, возможно, чуть менее известных исполнителей для школьного курса. К сожалению, среди них нет ни одного, предназначенного для знакомства с основами ООП. Возможное объяснение такой ситуации заключается в том, что отечественная школа методистов молчаливо оставляет данную тематику «на потом» (в описанной ранее терминологии это «ООР-later»).

В то же время, несколько известных микромиров для изучения ОО подхода все же есть, в частности, Alice [14], Greenfoot [19] и ObjectKarel [36], построенный на базе Karel++ [11]. Все они придуманы и используются в качестве введения в один из наиболее популярных профессиональных ОО языков программирования – Java.

Визуализация

Изменения в микромире на экране компьютера, по сути дела, визуализируют ход выполнения программы, которая написана студентом, наглядно демонстрируя ее правильность или, напротив, допущенные при составлении ошибки. Конечно, современные профессиональные

среды программирования тоже содержат визуализацию. Но при этом важно учитывать, что при преподавании вводных курсов «среда, возможно, более важна, чем язык» [20], поскольку, когда она слишком сложна, ученики теряют смысл учебного материала в борьбе с мощным, но сложным интерфейсом.

Мы должны тщательно продумать, какая именно визуализация нужна студенту. «Наиболее продвинутые профессиональные объектно-ориентированные среды разработки, такие как Visual C++ или Delphi, используют графическую поддержку только для построения графического интерфейса приложения и не делают ее для внутренней структуры самой программы» [20]. Кроме того, учебное ПО для изучения ООП должно содержать специальную визуализацию базовых ОО концепций.

Для дальнейшего обсуждения важно не пропустить еще одну черту современных визуальных систем программирования: они позволяют нам обходиться без создания многочисленных формальных описаний. Когда, пользуясь мышью, вы создаете новый компонент в среде программирования вроде Delphi, система автоматически генерирует нужное описание и помещает его в нужное место текста программы. В данной работе этот дружественный принцип расширен: все формальные описания вообще спрятаны внутри учебной системы и отображаются только в наглядной визуальной форме, например, в виде дерева классов или таблицы свойств.

Общие дидактические принципы

Завершая предварительное обсуждение, посмотрим на проблему преподавания ООП с общепедагогических позиций. С этой точки зрения мы имеем сложный учебный материал, который трудно изложить. Что предлагает нам теория дидактики для таких случаев? Можно использовать так называемый *спиральный* способ изучения такого материала. В своей известной книге [12], характеризуя изучение фундаментальных основ науки, Брунер писал следующее: «Опыт... указывает на тот факт, что наша школа может терять драгоценные годы, откладывая изучение многих важных тем под предлогом, что они слишком сложные». И далее: «Раннее изучение науки ... следует планировать так, чтобы учить темы со скрупулезной интеллектуальной честностью, но с акцентом на интуитивное понимание идей и с помощью применения этих базовых идей. Учебный план по мере развития должен повторно возвращаться к этим базовым идеям, надстраивая их до тех пор, пока студент не усвоит весь формальный аппарат, который к ним относится». Как видно из рассмотренного выше, ООП, являясь подходом, построенным на некоторых не связанных с языком программирования ключевых концепциях, является хорошим кандидатом на изучение по такой схеме.

Бергин в своем проекте «14 педагогических паттернов» [10] высказывал по поводу построения курса похожие идеи. «Организуйте курс так, чтобы наиболее важные темы преподавались первыми. Учите наиболее важный материал, «большие идеи», первыми (и часто). Когда это кажется невозможным, учите наиболее важный материал как можно раньше» [10]. Аргументация такого вывода заключается в том, что если вы откладываете изучение важных концепций, у учащихся они могут стихийно сформироваться неправильно (см. выше описание проблемы смешения базовых концепций).

Применяя эти общепедагогические принципы к знакомству с ООП в школьном курсе информатики, мы можем заключить, что стартовой точкой знакомства с материалом лучше вы-

брать не конструкции некоторого популярного языка программирования, а понимание того, что такое объект и каковы его свойства и поведение. Если поддержать теоретическое обсуждение набором практических упражнений, направленных на манипуляции с объектами, то такие уроки заложат прочную платформу для дальнейшего изучения деталей ООП.

Стратегия изучения ООП

Анализ, проведенный в предыдущем разделе, показал, что по многим причинам выгодно начинать изучение ОО подхода с освоения фундаментальных категорий, таких как объект, класс, наследование и т. п. Этот вводный материал напрямую не связан с конкретным языком программирования. В то же время, если поддержать его практической работой с некоторым микромиром, мы можем получить вполне законченную тему в рамках школьного курса информатики.

При определении содержания изучаемого материала по рассматриваемой теме можно последовать рекомендациям статьи [37], которая основывается на опыте ее авторов в областях программирования и преподавания. В указанной работе для изучения ОО методологии предлагается выполнить шесть шагов. Первые пять перечислены ниже. Последний из шагов является необязательным и здесь не обсуждается.

1. Обсудить фундаментальные категории ООП в соответствии с повседневным опытом.
2. Ввести концепцию объекта как вытекающую из наблюдений за реальным миром.
3. Усвоить концепцию класса как описания того общего, что есть у множества похожих объектов.
4. Объяснить идею порождения объекта от имеющегося класса.
5. Определить подкласс с помощью добавления дополнительных деталей к уже существующему классу и суперкласс как общую часть нескольких разных классов.

Первые два шага настолько общие, что они и так всегда обсуждаются на примерах из повседневной жизни. Для шагов 3–5 авторы предлагают показывать студентам в качестве примера соответствующие декларации на языке C++. Тем не менее, поскольку состав примеров не является обязательным, мы можем все пять шагов рассказать без упоминания синтаксиса конкретного языка.

«После этих шагов преподаватели могут начать изучение языка, будучи уверенными, что студенты способны выучить язык, имея в головах правильное понимание объектно-ориентированной методологии» [37].

Аналогичную стратегию мы встречаем в [27] при описании вводного курса перед изучением языка Java. Здесь рекомендации менее подробны, но смысл определенно такой же. «Первые лекции следует начинать со сценариев, объясняющих идеи объектов и алгоритмов, используя примеры из реального мира, которые знакомы студентам и легко понимаются» [27]. Этот материал должен сформировать «ментальные модели» классов и объектов. Теоретическую часть предлагается дополнить несколькими специально спроектированными для данного курса компьютерными лабораторными работами. Программная поддержка имеет графический интерфейс и обеспечивает среду для исследования объектов и классов.

В недавно вышедшем учебнике [26] такой путь описывается следующим образом. «Какое-то время вы не будете чувствовать, что учите программирование. У вас будет ощущение,

что вы только играете с компьютером. Однако на этой начальной фазе вы должны выучить множество терминов, связей и закономерностей, так что позднее вы поймете дальнейшие темы много лучше и быстрее».

Отметим, что изучение базовых концепций ОО подхода возможно даже без упоминания конкретного языка программирования, что убедительно доказывает, например, изложение материала в учебном пособии [8].

Таким образом, мы видим, что простой метод введения для начинающих в ООП возможен и его содержание понятно. Теперь остается описать программную поддержку, которая предлагается в данной работе в качестве базы для лабораторных работ в компьютерном классе.

Программная поддержка

Для закрепления теоретического материала о том, что такое объекты и как их использовать, необходимо иметь некоторое учебное программное обеспечение для организации лабораторных работ. В данном разделе будет описан вариант такого ПО, разработанный автором. Программа называется *System Builder* (SB); ее главное окно показано на рис. 1. Название говорит о том, что перед нами среда для построения системы (виртуального микромира) из объектов, по сути – конструктор из объектов. Первая версия программы была представлена достаточно давно [2, 16], в дальнейшем она была существенно улучшена в ходе тестирования и работы со студентами.

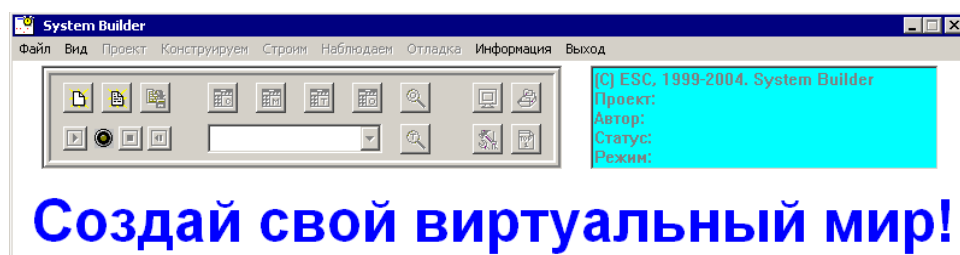


Рис. 1. Главное окно программы SB

Особенности программы

Как указывалось выше, наиболее известные ООП микромиры нацелены на последующее изучение языка Java. Программа SB, напротив, отделена от конкретного языка программирования и фокусируется на собственно фундаментальных ОО концепциях. Это скорее инструмент для объектного проектирования, который учит студентов видеть объекты и их связи в реальной жизни и строить ОО модель выбранной ситуации. В процессе манипуляций с созданными объектами (главным образом имеющими визуальные образы) ученики могут глубже понять, что такое свойства, методы, наследование, полиморфизм и т. д. По мнению автора, такой способ знакомства хорошо подходит для школьного курса.

Расширяя идеи современных визуальных сред программирования, SB не использует никаких текстовых объявлений классов или объектов. Вместо этого ученик просто заполняет некоторый простой «электронный бланк». Скажем, для создания нового типа объектов (класса) достаточно ввести в соответствующее поле выбранное имя, выбрать родительский класс из выпадающего списка и (по желанию) набрать для себя короткие комментарии (рис. 2). Иными слова-

ми, ученик отвечает на простые и понятные вопросы вместо того, чтобы набирать длинные описания, вспоминая при этом синтаксические правила языка. Система сохраняет все введенные данные в памяти компьютера, а для учеников представляет их на экране в форме таблиц (как видно из рис. 3, их идея во многих отношениях похожа на расширение Инспектора Объектов, используемого в визуальных средах вроде Delphi). Как оказалось, табличное представление – не только наглядная форма вывода, но также прекрасный способ хранения данных для целей компиляции проекта (пример будет дан позднее).

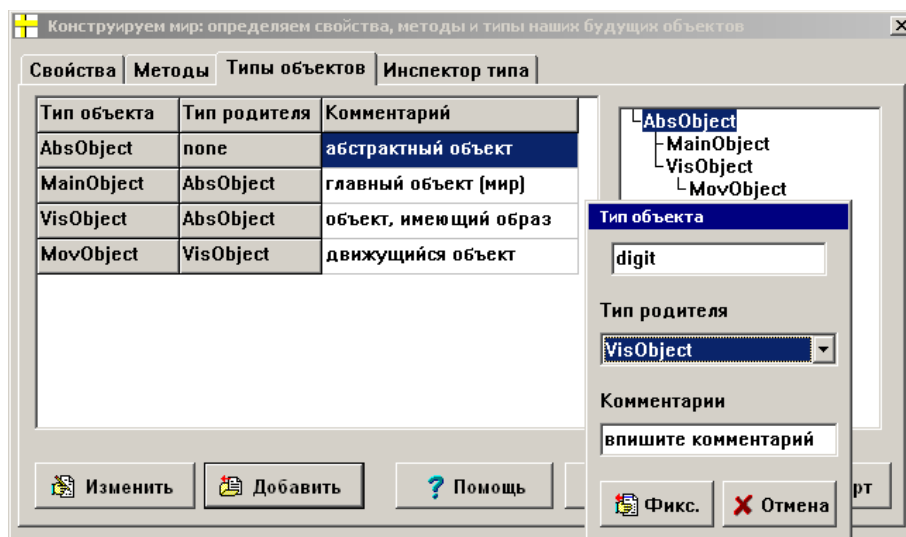


Рис. 2. Создание нового типа объектов (класса) от одного из стандартных типов

В соответствии с педагогическими целями SB для описания поведения объектов использует простейший язык. Он включает в себя простейший оператор присвоения (например, $x.image = x.image + 1$) и вызов метода объекта ($x.changeimage$). Имеется также условный оператор *if* общепринятой формы (с возможностью вложенности). В дополнение к перечисленному для более краткой записи программ существует еще несколько конструкций, в частности, цикл *for*, который по очереди подставляет объекты заданного типа в порядке, указанном в таблице. Все эти операторы вписываются в тело методов объектов, и это самое длинное, что ученик должен ввести с клавиатуры. Минимальный текст с простейшим интуитивно понятным синтаксисом, полное отсутствие строк с описаниями, свойственными профессиональным языкам (например, в Java это декларации *import*, *void*, *static*, *public* и т. п.) – таковы существенные преимущества предлагаемого учебного ПО.

Для максимального уменьшения ввода в SB предусмотрена библиотека стандартных типов, свойств и методов. Она читается из системного текстового файла в момент загрузки программы.

В частности, в библиотеке имеется небольшая первичная иерархия типов объектов. Все объекты, в конечном счете, происходят от верхнего родительского типа, который называется *AbsObject* (абстрактный объект). Его потомками являются *MainObject* (главный объект) с предопределенным объектом *World* (виртуальный мир) и *VisObject* (визуальный объект), который описывает покоящийся объект с визуальным образом. Потомок последнего класса – *MovObject*

(движущийся объект) дополнительно может перемещаться по экрану (см. иерархию типов на рис. 2). Таким образом, ученик сразу может начинать создавать визуальные объекты – как статические, так и движущиеся.

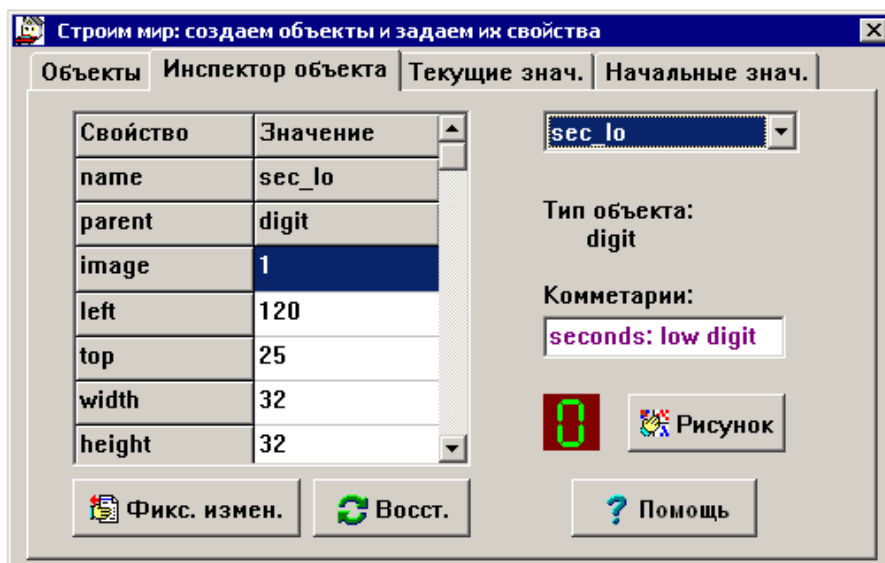
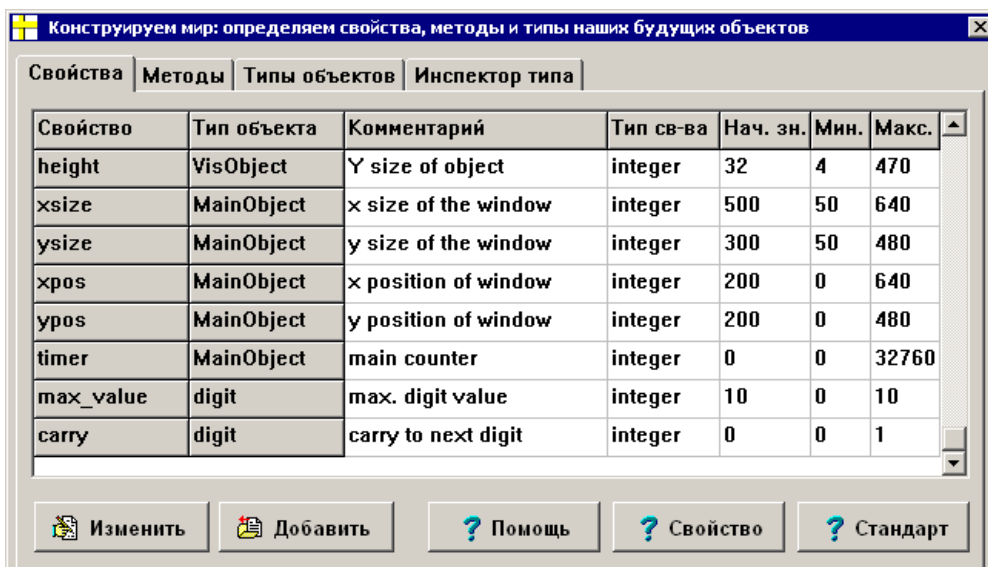


Рис. 3. Все данные об объектах отображаются в виде таблиц

Как построить виртуальный мир

После того как ученик тщательно продумал структуру своего виртуального мира, можно запустить программу и начать его построение. Для этого надо выполнить три следующих шага.

1. *Сконструировать* мир: определить типы объектов, а также входящие в них свойства и методы. Если стандартного шаблона оказывается недостаточно, можно добавить в систему новые типы, свойства или методы. Желательно подготовить все перечисленное выше сразу, хотя SB и позволяет внести исправления в любой момент.

2. *Построить* мир: используя все то, что было подготовлено на предыдущем шаге, создать объекты и задать значения их свойств. На этом шаге ученики уже видят, как выглядят объекты и где они находятся; движения пока нет.

3. *Наблюдать*, что было построено. Наконец, мы можем увидеть эволюцию мира во времени. Если ошибок не было, остается только насладиться реализацией своих идей. Если же что-то не так – надо искать ошибки. В SB для этого кроме автоматического предусмотрены специальные отладочные режимы: по шагам (система выполняет один шаг по времени и останавливается) и по отдельным операторам внутри шага.

Примеры проектов

Рассмотрим в качестве примера, как реализовать в SB простой проект *Timer* (отображающий минуты и секунды).

Последовательность действий по реализации проекта может быть следующей.

1. Нарисовать в графическом редакторе (или подобрать готовые рисунки) десять картинок с изображением цифр, назвать их 'pic1' – 'pic10' и поместить в папку проекта.
2. Запустить SB и создать новый проект (рис. 4).

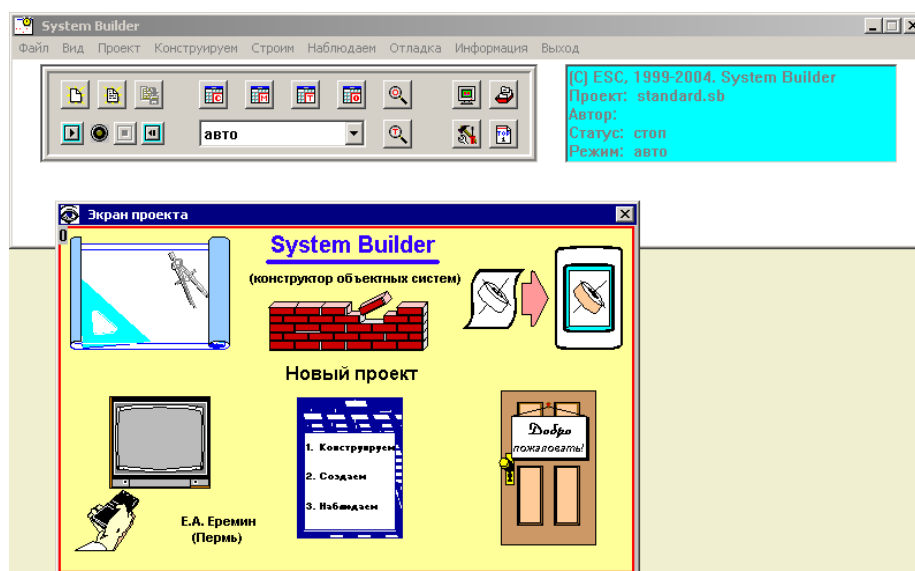


Рис. 4. Любой проект начинается со стандартной «заготовки»

3. Создать новый тип (назвав его, например, *digit*, т. е. цифра) от стандартного класса *VisObject* и добавить к нему свойство *max_value* (см. также пункт 6). Подчеркнем, что у цифр таймера нет специального свойства для хранения числового значения – для этого достаточно номера картинки.

4. Добавить свойство *carry* (перенос) к стандартному объекту *World*. Когда какая-либо цифра превосходит значение *max_value*, она сбрасывается в ноль; в этом случае *carry* = 1, иначе *carry* = 0. (Здесь мы видим простейший вариант обмена данными между объектами).

5. Найти в стандартном типе *MainObject* метод *_main* и дописать в него текст согласно листингу 1.

6. Добавить метод `_inc` в наш тип `digit` и ввести его программу из этого же листинга (заметим, что это самый длинный текст, который нам приходится набирать в данном проекте). Итак, наш мир сконструирован.

7. Создать 4 объекта (4 цифры таймера) типа `digit` с именами `sec_lo`, `sec_hi`, `min_lo` и `min_hi`. Постфиксы `_lo` и `_hi` позволяют различать старшую и младшую цифры в минутах и секундах. Для обеих старших цифр свойство `max_value` надо установить равным 5, а для младших – 9. Все приготовления завершены, мир построен

8. Запустить проект и наблюдать, как тикает таймер (рис. 5, 6). Если обнаружены ошибки, то исправить их.

Method <code>_main</code>	Method <code>_inc</code>
<pre>World.timer=World.timer+1 World.carry=1 for OL1: sec_lo..min_hi if World.carry=1 OL1._inc endif Endfor</pre>	<pre>if .image<=.max_value .image=.image+1 World.carry=0 else .image=1 World.carry=1 Endif</pre>

Рис. 5. Листинг 1. Методы для проекта *Timer*

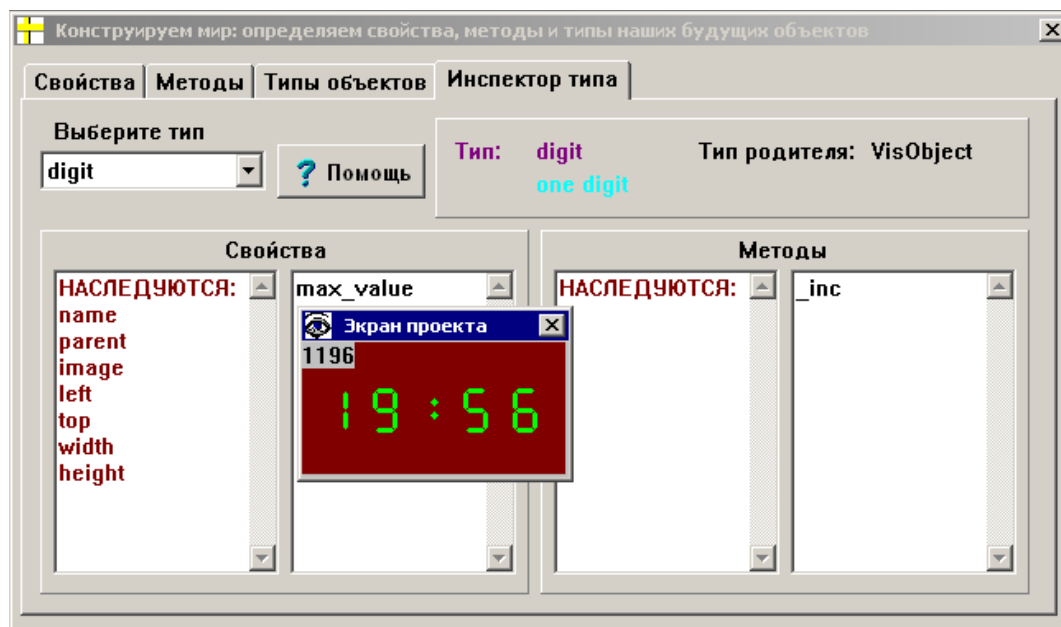


Рис. 6. Работающий проект *Timer*; в фоновом окне видны параметры нового класса *digit*

Короткая запись цикла `for` в методе `_main` не обязательна: вместо нее можно написать более длинный, но более простой по структуре вариант из четырех идентичных фрагментов – отдельно для каждой цифры.

Пропущенное имя объекта в методе `_inc` эквивалентно конструкции `this` в Java.

Добавим, что мы рассмотрели один из простейших проектов с неподвижными объектами. Но SB позволяет создавать гораздо более сложные, в том числе динамические и интерактивные проекты. Целый ряд таких демонстрационных проектов встроен непосредственно в ПО. На рис. 7 часть из них объединена в виде коллажа.

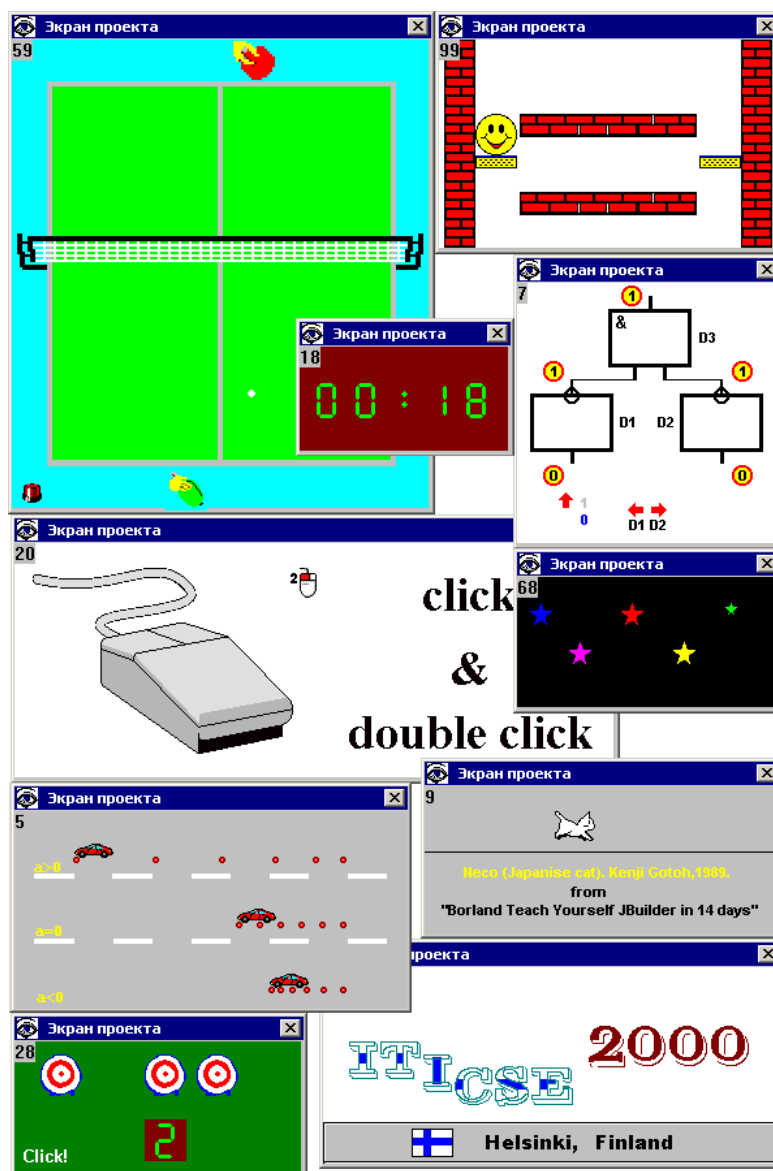


Рис. 7. Примеры проектов, реализованных в SB

Как работает система

SB устроен следующим образом. Значения всех свойств для всех объектов проекта хранятся в виде матрицы. Например, программная строка `World.timer=World.timer+1` имеет внутреннее представление $1.12=1.12+\#1$, что обеспечивает прибавление константы 1 к свойству 12 объекта 1 (нумерация соответствует расположению в системных таблицах свойств и объектов).

В соответствии со значениями, хранящимися в матрице, визуальная машина рисует в своем окне созданный нами виртуальный мир (рис. 8). Чтобы картинка изменилась, необходимо вызвать какой-нибудь метод, который присвоит новые значения свойствам матрицы, что, в свою очередь, изменит вид экрана для «оживления» мира SB имеет системный таймер (его частоту пользователь может настраивать по своему усмотрению). На каждый «тик» таймера автоматически вызывается стандартный метод `_main`. Он выполняет помещенную в него программу: операторы изменения свойств и вызов указанных методов, которые также способны менять свойства матрицы. После завершения выполнения главного метода визуальная машина перерисовывает экран в соответствии с текущими значениями свойств.

Если мы нажимаем определенную клавишу на клавиатуре (клавиши управления курсором, ввод или пробел) или же щелкаем кнопкой мыши, SB вызывает соответствующий событию специальный системный метод с предопределенным именем. Работа вызванного метода также изменяет состояние мира через модификацию свойств. Таким путем обеспечивается интерактивность нашего виртуального мира

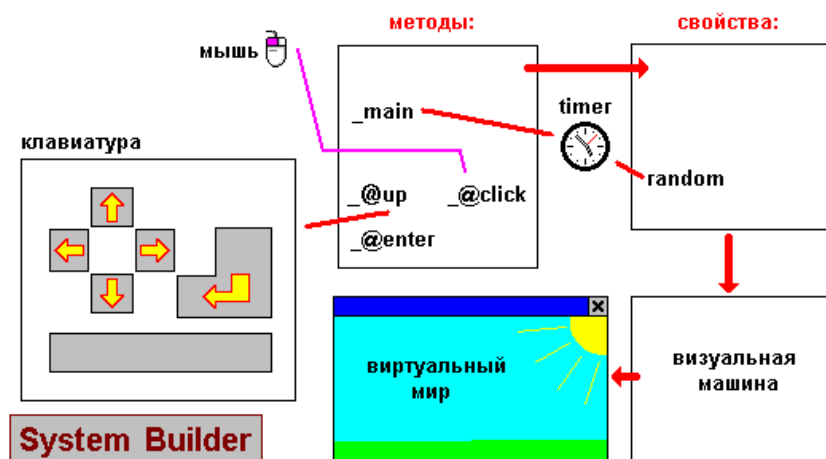


Рис. 8. Функциональная схема SB

Заключение

Как показал проведенный анализ, имеются существенные аргументы в пользу изучения основ ООП в рамках школьного курса информатики. В статье предлагается делать это без привязки к конкретному профессиональному языку программирования вроде Java или C++. Сущность предлагаемого метода заключается в изучении темы в ходе конструирования виртуального мира из отдельных визуальных объектов разных типов. Поведение объектов описывается внутри их методов на простейшем интуитивно понятном языке. Разработано специальное учебное программное обеспечение, которое позволяет построить систему из объектов, написав минимальное количество строк.

Простота реализации проекта в предлагаемом ПО достигается несколькими способами. Прежде всего, помогает широкое применение традиционного графического интерфейса. В результате вместо составления по определенным правилам длинных декларативных описаний ученик отвечает на простые вопросы, заполняя «электронный бланк» – диалоговое окно со стандартными органами управления вроде полей ввода, выпадающих списков и т. п. Кроме того,

все данные об объектах хранятся в системе и отображаются на экране в форме таблиц. Такой способ представления не только оказывается наглядным для пользователя, но и хорошо подходит для компиляции программ методов.



Список литературы

1. Еремин Е.А. Об иерархическом представлении знаний с помощью некоторых программных средств // Информатика и образование. – 2009. – № 6. – С. 37–47; № 7. – С. 25–36.
2. Еремин Е.А. Программное обеспечение для изучения объектного подхода в курсе информатики // IX Международная конференция «Информационные технологии в образовании»: сб. тр. – 1999. – Ч. 2. – С. 41–43.
3. Звенигородский Г.А. Первые уроки программирования. – М.: Наука, 1985. – (Сер. «Библиотечка "Рвант"»; вып. 41).
4. Звенигородский Г. А., Глаголева Н. Г., Земцов П. А., Налимов Е. В., Цикоза В. А. Программная система «Школьница» и ее реализация на персональных ЭВМ // Микропроцессорные средства и системы. – 1984. – № 1. – С. 50–55.
5. Кушниренко А. Г., Лебедев Г. В. 12 лекций о том, для чего нужен школьный курс информатики и как его преподавать. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000.
6. Кушниренко А.Г., Лебедев Г.В., Сворень Р.А. Основы информатики и вычислительной техники: проб. учеб. для сред. учеб. заведений. – М.: Просвещение, 1990.
7. Роботландия [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.botik.ru/~robot/> (дата обращения: 23.12.2016).
8. Суворова Н.И. Информационное моделирование. Величины, объекты, алгоритмы. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
9. Bennedsen J. Teaching and Learning Introductory Programming – A Model-Based Approach (PhD thesis). – Oslo: Oslo University, 2008.
10. Bergin J. Fourteen Pedagogical Patterns [Электронный ресурс]. – URL: <http://csis.pace.edu/~bergin/PedPat1.3.html> (дата обращения: 23.12.2016).
11. Bergin J., Roberts J., Pattis R., Stehlik M. Karel++: A Gentle Introduction to the Art of Object-Oriented Programming. – New York: John Wiley & Sons, 1996.
12. Bruner J.S. The Process of education. – Cambridge: Harvard University Press, 1960.
13. Brusilovsky P., Calabrese E., Hvorecky J., Kouchnirenko A., Miller P. Mini-languages: A Way to Learn Programming Principles // Educ. and Inform. Tech. – 1997. – Vol. 2, № 1. – P. 65–83.
14. Daly T., Wrigley E. Learning Java through Alice 3. – 2nd ed. – Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.
15. Ehlert A., Schulte C. Empirical comparison of objects-first and objects-later // 5th International Workshop on Computing Education Research (ICER '09). – 2009. – P. 15–26.
16. Eremin E. Software system to learn objects // 5th Annual SIGCSE/SIGCUE ITiCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '00). – 2000. – P. 188.

17. *Holland S., Griffiths R. Woodman M.* Avoiding Object Misconceptions // 28th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '97). – 1997. – P. 131–134.
18. *Hubwieser P.* Analysis of Learning Objectives in Object Oriented Programming // Informatics Education – Supporting Computational Thinking. ISSEP 2008. LNCS, v. 5090. – 2008. – P. 142–150.
19. *Kölling M.* Introduction to Programming with Greenfoot Object-Oriented Programming in Java with Games and Simulations. – 2nd ed. – Boston: Pearson, 2016.
20. *Kölling M., Rosenberg J.* An Object-Oriented Program Development Environment for the First Programming Course // 27th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '96). – 1996. – P. 83–87.
21. *Kölling M., Rosenberg J.* BlueJ – The Hitchhiker's Guide to Object Orientation. Maersk Mc-Kinney Moller Institute for Production Technology, Univ. Southern Denmark, Tech. Report № 2. – 2002.
22. *Lister R., Berglund A., Clear T., Bergin J., Garvin-Doxas K., Hanks B., Hitchner L., Luxton-Reilly A., Sanders K., Schulte C., Whalley J.L.* Research perspectives on the objects-early debate // Working Group Reports on ITiCSE on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR '06). – 2006. – P. 146–165.
23. *Mannila L., de Raadt M.* An Objective Comparison of Languages for Teaching Introductory Programming // 6th Baltic Sea Conference on Computing Education Research: Koli Calling 2006 (Baltic Sea '06). – 2006. – P. 32–37.
24. *Meyer B.* Towards an Object-Oriented Curriculum // 11th International Conference on Technology of Object-Oriented Languages and Systems (TOOLS '93). – 1993. – P. 585–594.
25. *Pears A., Seidman S., Malmi L., Mannila L., Adams E., Bennedsen J., Devlin M., Paterson J.* A Survey of Literature on the Teaching of Introductory Programming // Working Group Reports on ITiCSE on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR '07). – 2007. – P. 204–223.
26. *Pecinovský R.* OOP – Learn Object Oriented Thinking and Programming. – Řepín-Živonín: Eva & Tomáš Bruckner Publishing, 2013.
27. *Proulx V.K., Raab J., Rasala R.* Objects from the Beginning - with GUIs // 7th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '02). – 2002. – P. 65–69.
28. *Ragonis N., Ben-Ari M.* On Understanding the Statics and Dynamics of Object-Oriented Programs // 36th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '05). – 2005. – P. 226–230.
29. *Ramalingam V., Wiedenbeck S.* An Empirical Study of Novice Program Comprehension in the Imperative and Object-Oriented Styles // 7th Workshop on Empirical Studies of Programmers (ESP '97). – 1997. – P. 124–139.
30. *Robins A., Rountree J., Rountree N.* Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion // Comput. Sci. Educ. – 2003. – V. 13. – № 2. – P. 137–172.
31. *Sanders K., Boustedt J., Eckerdal A., McCartney R., Moström J.E., Thomas L., Zander C.* Student Understanding of Object-Oriented Programming as Expressed in Concept Maps // 39th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '08). – 2008. – P. 332–336.

32. *Tait B.* Object Orientation in Educational Software // *Innovat. in Educ. and Train. Int.* – 1997. – V. 34 – № 3. – P. 167–173.

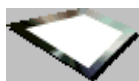
33. *Tomek I.* Microworlds for Teaching Concepts of Object Oriented Programming // *J. of Univ. Comput. Sci.* – 1995. – V. 6. – № 1. – P. 423–434.

34. *Uysal M.P.* The Effects of Objects-First and Objects-Late Methods on Achievements of OOP Learners // *J. of Soft. Eng. and Applic.* – 2012. – V. 5. – № 10. – P. 816–822.

35. *Xinogalos S.* Object-Oriented Design and Programming: An Investigation of Novices' Conceptions on Objects and Classes // *Trans. Comput. Educ.* – 2015. – V. 15, № 3. – Artic. 13. – 21 p.

36. *Xinogalos S., Satratzemi M., Dagdilelis V.* An Introduction to Object-Oriented Programming with a Didactic Microworld: ObjectKarel // *Comput. Educ.* – 2006. – V. 47, № 2. – P. 148–171.

37. *Zhu H., Zhou M.* Methodology First and Language Second: A Way to Teach Object-Oriented Programming // 18th Annual ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications (OOPSLA '03). – 2003. – P. 140–147.



УДК 004.5

А.В. Букушева

СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ В УЧЕБНЫХ ПРОЕКТАХ ПО ГЕОМЕТРИИ

Рассматриваются учебные проекты по геометрии с использованием системы Wolfram Mathematica. Приведен пример проекта «Компьютерные модели геодезических на поверхностях вращения» по дисциплине «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование».

К л ю ч е в ы е с л о в а : обучение геометрии, системы компьютерной математики, математика и компьютерные науки, учебный проект, Wolfram технологии.

Развитие информационных и коммуникационных технологий, внедрение федеральных государственных стандартов, принятие «Стратегии развития отрасли информационных технологий в РФ на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года», «Концепции развития российского математического образования» определяют новое качество образовательных результатов. Необходимо таким образом организовать подготовку будущих бакалавров в области математики и компьютерных наук, чтобы выпускники вуза оказались бы компетентными специалистами в решении своих профессиональных задач.

Неотъемлемой частью профессиональной деятельности математика-исследователя, программиста, математика-педагога является компьютерное геометрическое моделирование. Геометрические методы являются базовыми в решении многих проблем прикладной математики. Компьютерное моделирование, как правило, осуществляется в среде систем компьютерной математики (Maple, Mathematica, MatLab и др.). Использование систем компьютерной математики обогащает содержание математического образования, вносит новые возможности в организацию учебного процесса. Все это повышает актуальность методических проблем определения содержания, места и характера использования программных математических пакетов в структуре математического образования.

Системы компьютерной математики можно использовать в создании информационного обеспечения учебного процесса (электронных учебников, генераторов индивидуальных заданий, автоматизированных систем проверки индивидуальных заданий); разработке демонстрационного сопровождения занятий (интерактивные иллюстрации математических объектов); проведении лабораторных и практических занятий, практик, подготовке выпускных квалификационных работ. Применение пакетов прикладных программ позволяет делать обучение студентов геометрическим дисциплинам более наглядным, приближенным к практическим задачам, а также решать сложные геометрические задачи, т.е. проводить занятия на качественно новом уровне. Ис-

пользование информационных и коммуникационных технологий в учебном процессе вуза дает возможность активизировать учебную деятельность.

В соответствии с новыми образовательными стандартами на самостоятельную работу студентов отводится значительно больше времени в общей трудоемкости дисциплин. Среди эффективных форм самостоятельной работы студентов можно выделить выполнение проектов. Метод проектов предполагает решение проблемы с использованием разнообразных методов, средств обучения. Проект, направленный на решение теоретической задачи (проблемы), должен носить междисциплинарный характер.

Основными требованиями, предъявляемыми к использованию метода проектов в учебном процессе, являются:

- 1) наличие значимой в исследовательском, творческом плане проблемы (задачи), требующей интегрированного знания, исследовательского поиска для ее решения;
- 2) практическая, теоретическая, познавательная значимость предполагаемых результатов;
- 3) самостоятельная деятельность учащихся;
- 4) структурирование содержательной части проекта (с указанием поэтапных результатов);
- 5) использование исследовательских методов, предусматривающих определенную последовательность действий: определение проблемы и вытекающих из нее задач исследования; выдвижение гипотез их решения; обсуждение методов исследования; обсуждение способов оформления конечных результатов (презентаций, творческих отчетов, пр.); сбор, систематизация и анализ полученных данных; подведение итогов, оформление результатов, их презентация; выводы, выдвижение новых проблем исследования [8].

Е.С. Полат предлагает следующие типологические признаки для классификации проектов по:

- доминирующему в проекте методу или виду деятельности;
- признаку предметно-содержательной области;
- характеру контактов;
- количеству участников проекта;
- продолжительности проекта;
- результатам и др. [Там же].

Учебный проект рассматривается как совместная учебно-познавательная, творческая деятельность студентов с преподавателем, имеющая общую цель, согласованные методы, способы деятельности, направленная на достижение общего результата по решению какой-либо проблемы, значимой для участников проекта [1, с. 5].

При освоении компьютерной геометрии студентам в качестве самостоятельной работы можно предложить выполнить комплекс учебных проектов. При этом использование систем компьютерной математики позволяет разнообразить типы решаемых задач и расширить знания студентов не только в области геометрии, но и в области применения информационных технологий.

В подготовке будущих бакалавров-математиков, обучающихся по направлению «Математика и компьютерные науки» в Саратовском национальном исследовательском государственном университете имени Н.Г. Чернышевского (СГУ), можно выделить следующие геометриче-

ские дисциплины: «Аналитическая геометрия», «Дифференциальная геометрия и топология», «Гладкие многообразия и управляемые системы», «Симплектическая геометрия и гамильтоновы системы», «Дополнительные главы геометрии и алгебры», «Группы и алгебры Ли», «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование». Важность компьютерной геометрии как одной из составляющих геометрического блока дисциплин рассмотрена в [2].

Под методической системой обучения компьютерной геометрии будущих бакалавров-математиков мы понимаем единство и взаимодействие целей, принципов, содержания, средств, методов и форм обучения. Целью учебной дисциплины «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» являются формирование и развитие у студентов практических навыков моделирования геометрических объектов и создания визуализации с помощью компьютерных технологий. Задачами дисциплины являются: изучить математический аппарат, необходимый для моделирования геометрических объектов, освоить современные компьютерные технологии для изображения и моделирования геометрических объектов, познакомить студента с основами компьютерного геометрического моделирования, которое позволяет сделать работу математика, программиста более эффективной. Основные принципы методической системы обучения компьютерной геометрии рассмотрены в работе [4].

Компьютерная геометрия играет роль связующего звена между различными учебными дисциплинами. Используемые в учебном процессе проблемные ситуации, практические задания требуют от студентов применения интегрированных знаний, умений и навыков из различных предметных областей, на основе которых у обучающихся вырабатываются новые знания, что придает усваиваемому материалу целостность, системную организованность и личностный смысл. Приступая к изучению компьютерной геометрии, студенты должны, по существу, обладать знаниями геометрии и топологии. Студент должен знать об основных инвариантах кривых и поверхностей, кривизне и кручении, иметь представление об основных геометрических фигурах: фигурах первого и второго порядков, конусах, цилиндрах, фигурах вращения и т.д. В процессе усвоения компьютерной геометрии студенты не только лучше начинают понимать уже изученный ранее материал, но и приобретают принципиально новые знания.

Применение электронного курса в учебном процессе позволяет преподавателю эффективно организовать самостоятельную работу студентов. Электронная информационно-образовательная среда Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского (СГУ) включает в себя: официальный сайт СГУ (www.sgu.ru); электронную библиотечную среду (<http://www.sgu.ru/structure/znbsgu>); систему дистанционного образования IpsilonUni (<http://ipsilon.sgu.ru/>); порталы системы создания и управления курсами LMS Moodle (<http://course.sgu.ru/> и <http://school.sgu.ru/>) [9].

Через портал «Система дистанционного обучения Ipsilon Uni» обеспечивается доступ участников образовательного процесса к элементам рабочей программы; электронным образовательным ресурсам; функционалу автоматизированного тестирования; электронной автоматизированной таблице успеваемости; системе видеоконференций; электронным портфолио обучающихся. Система Ipsilon Uni является разработкой сотрудников института электронного и дистанционного обучения СГУ.

На базе LMS Moodle в СГУ реализован также учебный портал (<http://start.sgu.ru/>), который используется для обучения студентов проектированию электронных курсов. Комплексное

использование потенциала информационной среды вуза на лекционных, практических и лабораторных занятиях ведет к формированию у студентов наглядных представлений о содержании и структуре предмета учения, способствует не только качественному усвоению знаний, но и становлению опыта их применения в решении практических задач [7].

Для проведения лабораторных занятий, организации самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы студентов, а также подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации нами был разработан электронный образовательный курс на базе LMS Moodle (<http://course.sgu.ru>) [3]. Изучение материала электронного курса проходит параллельно с очным обучением. Электронный образовательный курс основывается на рабочей программе учебной дисциплины и имеет следующую структуру. Первый модуль содержит элементы рабочей программы дисциплины: титульный лист рабочей программы дисциплины, структуру и содержание дисциплины; данные для учета успеваемости в балльно-рейтинговой системе; учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (основная и дополнительная литература, Интернет-ресурсы); сведения об авторах-разработчиках рабочей программы. Каждый модуль дисциплины включает следующие элементы: теоретический материал, фонд оценочных средств: задания для лабораторных работ; варианты контрольной работы; методические рекомендации по написанию контрольной работы; тестовые задания для организации промежуточного контроля; вопросы для самостоятельного изучения; список литературы к учебному модулю. Для организации коллективной работы используются следующие элементы: форум, вики-страницы, вторичный глоссарий. Все это позволяет включить студентов в продуктивную деятельность по наполнению и расширению электронного образовательного курса.

Подбор индивидуальных заданий по компьютерной геометрии для студентов является важной и сложной задачей. Анализ рабочих программ по дисциплине «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» для направления «Математика и компьютерные науки» показал, что в содержании дисциплины, как правило, можно выделить две части: инвариантную и вариативную. Первая часть посвящена таким вопросам, как решение задач дифференциальной геометрии, сплайны и кривые Безье, поверхности Безье. Вторая часть содержания определяется научными исследованиями авторов рабочей программы и кафедры, реализующей данную дисциплину. Примеры учебно-исследовательских задач по геометрии приведены в работах [5; 6].

В качестве основного программного средства для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» в СГУ выбрана система компьютерной математики Wolfram Mathematica. Для изучения языка программирования Wolfram Language используются интернет-ресурсы WolframAlpha, Wolfram Language & System «Documentation Center», виртуальная лаборатория Wolfram Programming Lab. Лаборатория программирования Wolfram Programming Lab является новой технологией, позволяющей в сети создавать программу на языке Wolfram Language. Тем самым появилась возможность организовывать внеаудиторную самостоятельную работу студентов, направленную на решение задач компьютерными методами.

Приведем примеры проектов, которые могут быть использованы в учебном процессе по компьютерной геометрии: визуализировать локсодромы на поверхностях вращения; построить изгибание поверхностей (простого куска цилиндра на простой кусок плоскости; простого куска плоскости на простой кусок конуса; катеноида в геликоид; ленты Мебиуса в квадрат); построить

минимальные поверхности и присоединенные к ним; создать процедуры интегрирования с графическим сопровождением; моделировать фракталов в пакетах прикладных программ.

Рассмотрим проект «Компьютерные модели геодезических на поверхностях вращения», который может выполняться как группой студентов, так и индивидуально. Теория геодезических линий интересна с прикладной точки зрения и для современных исследований, поскольку движение многих типов механических систем, а также тел или частиц в гравитационных и электромагнитных полях, в сплошной среде часто происходит по траекториям, которые можно рассматривать как геодезические линии некоторых пространств трех и более измерений, определяемых энергетическими режимами, при которых протекают процессы [10, С. 120].

Для выполнения проекта необходимо изучить следующие теоретические вопросы: дери- вационные формулы Гаусса; параллельный перенос векторного поля вдоль кривой; геодезиче- ская кривизна кривой на поверхности; дифференциальное уравнение геодезических линий. Практическое задание: для данной поверхности вращения (параболоид, тор, конус, цилиндр и др.) визуализировать геодезическую, выходящую из данной точки в данном направлении. Обеспечить динамическое изменение точки, направления и длины геодезической. Убедиться, что на поверхности вращения вдоль каждой геодезической линии произведение радиуса парал- лели на синус угла между геодезической линией и меридианом постоянно.

Рассмотрим геодезические линии на круговом цилиндре, конусе и гиперболоиде. В пер- вом примере можно найти общее решение системы дифференциальных уравнений, используя программу только для визуализации геодезических линий на цилиндре. Во втором случае про- грамма Wolfram Mathematica выводит общее решение дифференциального уравнения только по- сле упрощения системы из двух уравнений. Второй пример показывает, что при объединении теории дифференциальных уравнений с возможностями системы Mathematica удастся проинтег- рировать уравнения, которые не решаются непосредственно с помощью встроенных функций. В третьем примере можно найти численное решение системы дифференциальных уравнений и визуализировать график решения.

Пример 1. Составить и решить дифференциальное уравнение геодезических линий на круговом цилиндре $\mathbf{r}(u, v) = \{a \cos v, a \sin v, u\}$. Визуализировать геодезические линии на ци- линдре.

Решение. Уравнение (1), представляющее собой систему двух обыкновенных дифферен- циальных уравнений второго порядка, называется уравнением геодезических линий на поверх- ности:

$$\frac{d^2 u^k}{dt^2} + \Gamma_{ij}^k \frac{du^i}{dt} \frac{du^j}{dt} = 0, \quad \text{где} \quad \Gamma_{ij}^k = \frac{1}{2} g^{kl} \left(\frac{\partial g_{lj}}{\partial x^i} + \frac{\partial g_{il}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^l} \right),$$

Запишем уравнение геодезической линии на цилиндре:

$$\mathbf{r}(u, v) = \{a \cos v, a \sin v, u\}: \frac{d^2 u}{ds^2} = 0, \frac{d^2 v}{ds^2} = 0.$$

Решениями этой системы являются функции $u(s) = c_1 t + c_2$, $v(s) = c_3 t + c_4$, где c_1, c_2, c_3, c_4 произвольные постоянные. Таким образом, любая геодезическая линия на круговом цилиндре может быть записана в виде:

$$\rho(t) = \{a \cos(c_1 t + c_2), a \sin(c_1 t + c_2), c_3 t + c_4\}.$$

Если $c_1 = 0$, то $\rho(t) = \{a \cos c_2, a \sin c_2, c_3 t + c_4\}$ – прямолинейные образующие цилиндра.

При $c_3 = 0$ геодезическая линия $\rho(t) = \{a \cos(c_1 t + c_2), a \sin(c_1 t + c_2), c_4\}$ – окружность, представляющей собой пересечение цилиндра с плоскостью $z = c_4$.

Если $c_1 = 0$, $c_3 = 0$, то $\rho(t) = \{a \cos(c_1 t + c_2), a \sin(c_1 t + c_2), c_3 t + c_4\}$ – винтовая линия на цилиндре.

Визуализируем геодезические линии на круговом цилиндре в системе Wolfram Mathematica:

```
Manipulate[Show[
ParametricPlot3D[{Cos[u], Sin[u], v}, {u, 0, 2 Pi}, {v, -4, 4},
PlotStyle -> {Orange, Specularity[White, 40]}, Axes -> None,
Mesh -> None, Boxed -> False, ImageSize -> {400, 400}],
ParametricPlot3D[{Cos[t], Sin[t], a}, {t, 0, 2 Pi},
PlotStyle -> {Black, Thickness[0.015]}],
ParametricPlot3D[{Cos[b], Sin[b], t}, {t, -4, 4},
PlotStyle -> {Blue, Thickness[0.015]}],
ParametricPlot3D[{Cos[t + c], Sin[t + c], t*d}, {t, -4 Pi, 4 Pi},
PlotStyle -> {Green, Thickness[0.015]}]],
{{a, 0, «Окружность»}, -4, 4}, {{b, 5 Pi/3, «Образующая»}, 0, 2 Pi},
{{c, Pi/4, «Винтовая»}, 0, 2 Pi}, {{d, 1/4, «линия»}, -2, 2}]
```

Результат программы представлен на рисунке 1.

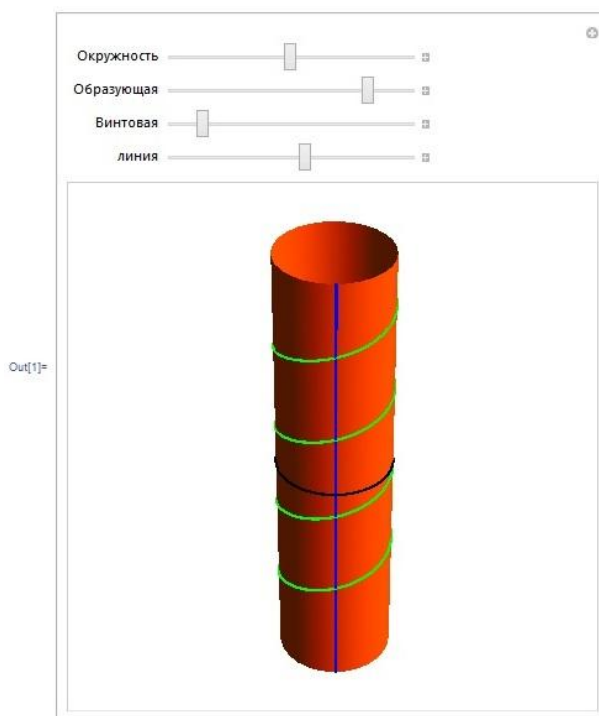


Рис. 1. Геодезические линии на цилиндре

Пример 2. Составить и решить дифференциальное уравнение геодезических линий на круговом конусе $\mathbf{r}(u, v) = \{u \cos v, u \sin v, u\}$.

Решение. Запишем уравнение геодезической линии на круговом конусе:

$$\ddot{u} - 0,5u\dot{v}^2 = 0, \quad \ddot{v} - \frac{1}{u}\dot{u}\dot{v} = 0.$$

Если $v = \text{const}$, то данная система дифференциальных уравнений равносильна уравнению $\ddot{u} = 0$. В этом случае геодезическими на круговом конусе являются прямолинейные образующие конуса. Если $u = \text{const}$, то геодезическая линия – это окружность, представляющая собой пересечение конуса с плоскостью, перпендикулярной оси конуса.

```
In[2]:= DSolve[{D[u[t], {t, 2}] - u[t] / 2 (D[v[t], t])^2 == 0,
               D[v[t], {t, 2}] + 1 / u[t] D[u[t], t] D[v[t], t] == 0}, {u[t], v[t]}, t]
Out[2]:= DSolve[{ - 1/2 u[t] v'[t]^2 + u''[t] == 0, u'[t] v'[t] / u[t] + v''[t] == 0}, {u[t], v[t]}, t]
```

Вывод out[2] показывает, что Mathematica не выводит решение системы дифференциальных уравнений. Если $v \neq \text{const}$, то дифференциальное уравнение геодезических линий поверхности можно представить в виде:

$$\frac{d^2 u}{dv^2} = -\Gamma_{22}^1 + (\Gamma_{22}^2 - 2\Gamma_{12}^1) \frac{du}{dv} + (2\Gamma_{12}^2 - \Gamma_{11}^1) \left(\frac{du}{dv} \right)^2 + \Gamma_{11}^2 \left(\frac{du}{dv} \right)^3.$$

Дифференциальное уравнение геодезических линий кругового конуса имеет вид:

```
In[3]:= DSolve[D[u[v], {v, 2}] - u[v] / 2 == 0, u[v], v]
Out[3]:= {{u[v] -> e^(v/sqrt(2)) C[1] + e^(-v/sqrt(2)) C[2]}}
```

В случае, если программа не решает систему дифференциальных уравнений с использованием встроенной команды DSolve, можно найти численное решение уравнений с помощью функции NDSolve и визуализировать график решения.

Пример 3. Составить и решить дифференциальное уравнение геодезических линий на однополостном гиперboloиде $\mathbf{r}(u, v) = \{\cos v \cosh u, \sin v \cosh u, k \sinh u\}$. Визуализировать геодезические линии на однополостном гиперboloиде.

Решение.

```
Manipulate[Module[{a1, a2, res},
  {a1, a2} = {Sin[Alpha]/Norm[{Cos[v] Sinh[u], Sin[v] Sinh[u], k Cosh[u]}],
  Cos[Alpha]/Norm[{-Cosh[u] Sin[v], Cos[v] Cosh[u], 0}]} /. {u -> u0, v -> v0};
  res = NDSolve[{(Sinh[2 u[t]] ((1 + k^2) u'[t]^2 - v'[t]^2) /
  (k^2 - 1 + (1 + k^2) Cosh[2 u[t]])) + u''[t] == 0,
  2 Tanh[u[t]] u'[t] v'[t] + v''[t] == 0, u[0] == u0, v[0] == 0,
  u'[0] == a1, v'[0] == a2}, {u[t], v[t]}, {t, -25, 50}, MaxSteps -> Infinity];
  Show[ParametricPlot3D[{Cos[v] Cosh[u], Cosh[u] Sin[v], k Sinh[u]},
  {u, -2.5, 2.5}, {v, -Pi, Pi}], PlotStyle -> {Orange, Specularity[White, 40]},
  Background -> LightYellow, PlotRange -> {{-5, 5}, {-5, 5}, {-5, 5}},
  Axes -> None, Mesh -> None, Boxed -> False, ImageSize -> {400, 400}],
  ParametricPlot3D[{Cos[v[t]] Cosh[u[t]], Cosh[u[t]] Sin[v[t]], k Sinh[u[t]]} /. res,
  {t, -25, 50}, PlotStyle -> {Blue, Thickness[0.005]}],
  {{Alpha, 0, «угол Alpha»}, 0, Pi/2}, {{u0, -0.25, «высота»}, -0.5, 0.5},
  SynchronousUpdating -> False,
  Bookmarks -> {«Critical case» -> (Alpha == ArcCos[1/Cosh[u0]])},
  Initialization -> (k = 4; v0 = 0); TrackedSymbols -> {Alpha, u0}]
```

Результат программы представлен на рис. 2. Изменяя значения параметров, получаем разные геодезические.

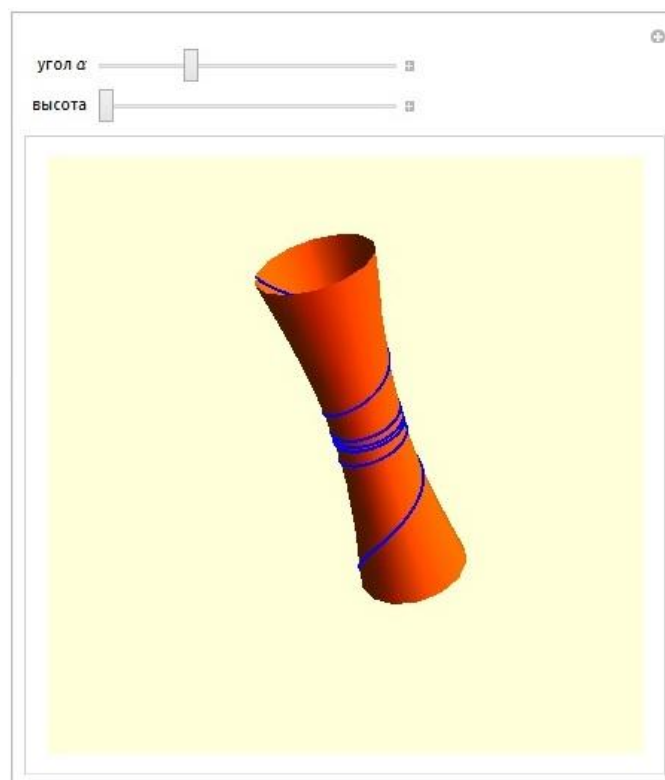


Рис. 2. Геодезические линии на однополостном гиперboloиде

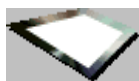
В процессе выполнения практико-ориентированных проектов студенты учатся применять математический инструментарий для решения задач теоретического и прикладного характера из различных разделов математики. Полагаем, что включение учебных проектов в обучение компьютерной геометрии позволит существенным образом повлиять на качество подготовки будущих бакалавров-математиков и сформировать требуемые компетенции для их успешной профессиональной деятельности.



Список литературы

1. Артамонова Ю.Н., Митрохина С.В. Учебные проекты по геометрии в процессе подготовки будущих учителей математики // Изв. Тул. гос. ун-та. Гуманитар. науки. – 2014. – № 4–2. – С. 3–10.
2. Букушева А.В. Место компьютерной геометрии в подготовке бакалавров-математиков // Современные информационные технологии и ИТ-образование: сб. науч. тр. X юбилейной междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.А. Сухомлина. – М.а: МГУ, 2015. – С. 291–294.

3. Букушева А.В. Организация самостоятельной работы студентов при изучении компьютерной геометрии в LMS MOODLE // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2016. – Т. 5, № 3 (16). – С. 30–34.
4. Букушева А.В. Принципы методической системы обучения компьютерной геометрии // Балтийский гуманитарный журнал. – 2016. – Т. 5, № 3(16). – С. 95–98.
5. Букушева А.В. Учебно-исследовательские задачи в подготовке бакалавров-математиков // Вест. Перм. гос. гуманит.-пед. ун-та. Сер. «Информационные компьютерные технологии в образовании». – 2015. – Вып. 11. – С. 85–93.
6. Букушева А.В. Учебно-исследовательские задачи в продуктивном обучении будущих бакалавров-математиков // Образовательные технологии. – 2016. – №2. – С. 16–26.
7. Колесников А.К., Оспенникова Е.В. Информационные компьютерные технологии в образовании // Вест. Перм. гос. пед. ун-та. Сер. «Информационные компьютерные технологии в образовании». – 2005. – Вып. 1. – С. 6–15.
8. Полат Е.С. Метод проектов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/document/d/13xOCJ50yaEkIzYq2kuRf3nbzVDewud6fcIkMzFqyrq4/edit> (дата обращения: 01.11.2016).
9. Положение об электронной информационно-образовательной среде. П 1.06.05.2016 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2016/08/29/polozhenie_ob_elektronnoy_informacionno-obrazovatelnoy_srede.pdf (дата обращения: 01.11.2016).
10. Степанов С.Е. Геодезические линии // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, №8. – С. 115–120.



УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКТОРОВ

Модельные конструкторы обеспечивают значительную свободу учащегося в плане синтеза задач – систем, содержащих новые конфигурации объектов, их свойств и условий протекания процессов, – и замечательные возможности исследования синтезированных ситуаций. Потенциал творчества еще более расширяется, если доступны функции редактирования моделей за счет использования инструментальных средств разработки электронных ресурсов. В статье обсуждаются классы задач, которые могут быть исследованы на основе конструкторов механических и электромагнитных систем. Рассмотрение ведется на примере образовательного продукта Интер@ктивная физика», разработанного в моделирующей среде Stratum –2000.

К л ю ч е в ы е с л о в а : математическое и компьютерное моделирование, конструирование ситуаций, виртуальный эксперимент, обучение физике.

Компьютерное моделирование физических процессов – одно из популярных направлений среди разработок средств компьютерной поддержки естественнонаучного образования. Широкие возможности в плане управления моделью и установления на основе наблюдения причинно-следственных связей, ясной и притом динамической визуализации скрытых от глаз процессов и, как следствие, высокого уровня наглядности; проведения численного эксперимента по темам, для которых физический эксперимент дорог, опасен или вовсе невозможен, – бесспорные плюсы компьютерного модельного эксперимента.

Большинство современных программных продуктов для образования [1–2; 8–10] предполагает работу пользователя с готовыми моделями. Этот уровень – наиболее доступный с технической точки зрения, при этом он удовлетворяет основную долю педагогов и учащихся. Однако самые креативные пользователи страдают при этом от недостатка свободы. Неудовлетворенность могут вызывать как «мелочи» (например, недостаточность или избыточность средств визуализации и степени автоматизации компьютерного эксперимента), так и более серьезные проблемы (невозможность изменить средства управления, конфигурацию задачи, математическую модель объекта для более корректного описания явления, учета новых аспектов).

Альтернативой готовым проектам являются *конструкторы моделей* – физических объектов, свойств, явлений, законов – и моделирующая среда, в которой на основе этих конструкторов можно синтезировать и рассчитывать новые задачи. Учебные среды, предоставляющие возможность конструирования, сравнительно немногочисленны. Примером продукта, в котором последовательно реализован принцип конструирования, является проектная

среда «Живая физика» [5], позволяющая легко и удобно создавать комплексные модели на базе готовых конструкторов и визуализировать их. Широкие возможности конструирования предоставляют образовательные программные продукты, разработанные на основе и функционирующие в рамках инструментальных систем, например, моделирующая среда «Интер@ктивная физика» [3; 6] и инструмент ее разработки – система визуального проектирования и математического моделирования Stratum–2000. Также существуют допускающие конструирование учебно-методические комплексы на базе пакетов Simulink, MATLAB и других. В большинстве подобных случаев средства управления и визуализации происходящих процессов (отображение числовой информации, цветовая индикация, построение графиков, диаграмм) предоставляются средой моделирования; пользователь только формирует желательную их конфигурацию.

Конструктор «Механика»

Один из конструкторов среды «Интер@ктивная физика» (разработка Института инновационных технологий, г. Пермь) объединяет объекты, рассматриваемые в механике (модель двумерного мира). В состав конструктора входят круглые и прямоугольные тела, пружины, различные блоки, «массивные» элементы (стенки, опоры и пр.) с изменяемыми свойствами.

Остановимся для примера на модели шара, поскольку этот объект (вместе с плоским массивным препятствием) позволяет решать большое количество важных физических задач (рис. 1). Изображение объекта имеет форму круга, размеры которого могут изменяться в режиме редактирования проекта с помощью мыши, а в ходе расчета – рычагами управления либо на основе расчета. Шар обладает массой, моментом инерции, упругостью, «шершавостью», может испытывать воздействие внешних сил (тяжести, упругости, трения и пр.). Он «умеет» падать на произвольно ориентированную опору под действием силы тяжести, отражаться от поверхностей и углов движущихся тел с заданной степенью упругости (например, может быть подброшен опорой), может соскальзывать или скатываться по наклонной плоскости, «закручиваться» силами трения и т.д.

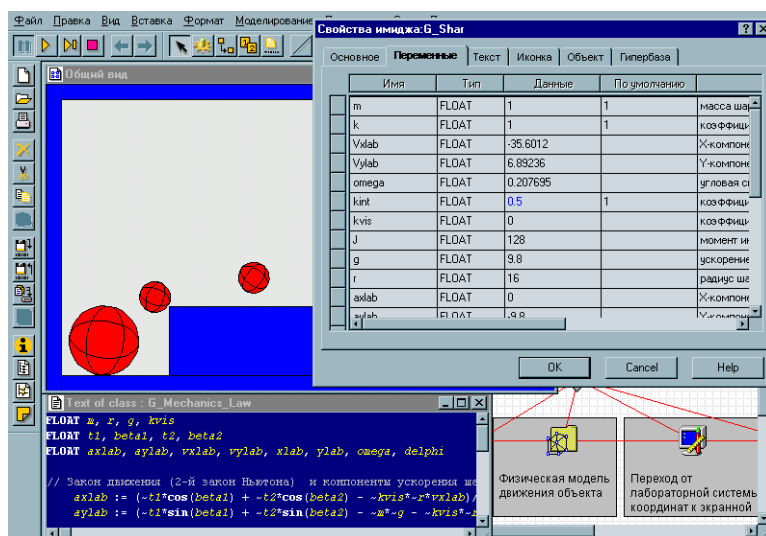


Рис. 1. Конструктор «Механика»: окна сцены, схемы проекта, уравнений модели, задания параметров

Движение шара в отсутствие каких-либо препятствий описывается двумя уравнениями – горизонтальной и вертикальной проекциями второго закона Ньютона, в правой части которого, помимо силы тяжести и силы вязкого трения среды, учитывается возможное действие пары произвольно направленных сил. Это позволяет, например, сцепить два летящих шара пружиной. В случае, если на шар действует больше, чем две силы, дополнительно используется сумматор (с физической точки зрения отражающий принцип суперпозиции сил).

Важнейшая часть модели шара – основанный на законах сохранения блок описания частично упругого взаимодействия с другими телами – работает следующим образом. При обнаружении пересечений контуров, например, двух шаров: 1) делается полушаг назад во времени с целью «поймать» путем интерполяции момент наступления контакта тел; 2) проводится преобразование координат: переход из основной системы, связанной с левым нижним углом экрана, в такой же образом ориентированную, но связанную с центром масс шаров систему; 3) проводится поворот системы координат на такой угол, чтобы одна из осей была направлена вдоль прямой, соединяющей центры шаров, так что движение естественно раскладывается на лобовую и касательную компоненты (в этом случае квадратичный закон сохранения энергии можно заменить на линейное уравнение, связывающее скорости шаров до и после удара); 4) решается система линейных алгебраических уравнений, вытекающих из законов сохранения энергии, импульса, момента импульса, рассчитываются характеристики после удара; 5) проводятся обратные преобразования координат, расчет скоростей после взаимодействия в исходной системе отсчета. Время соударения считается малым, процесс деформации шаров не рассматривается.

Такая модель позволяет рассмотреть целые классы задач: движение тела в поле тяжести с возможностью отражений от произвольно ориентированных плоскостей (рис. 2, *а*), в том числе с учетом вязкого трения; затухание вращения шершавого шара в углу (рис. 2, *б*); центральные (рис. 3, *а*) и нецентральные (рис. 3, *б*), абсолютно упругие, абсолютно неупругие и частично упругие соударения (рис. 3, *в*) шаров произвольных масс и размеров при произвольных начальных условиях; взаимодействие шаров и движущихся стенок (рис. 3, *г*) и др.

Гравитация включается в проекте как один из глобальных параметров; $g=0$ обычно означает, что движение происходит в горизонтальной плоскости (вид сверху на рис. 3, *а* и *б*).



Рис. 2. Движение шаров в поле тяжести с отражением от препятствий и вращение в углу

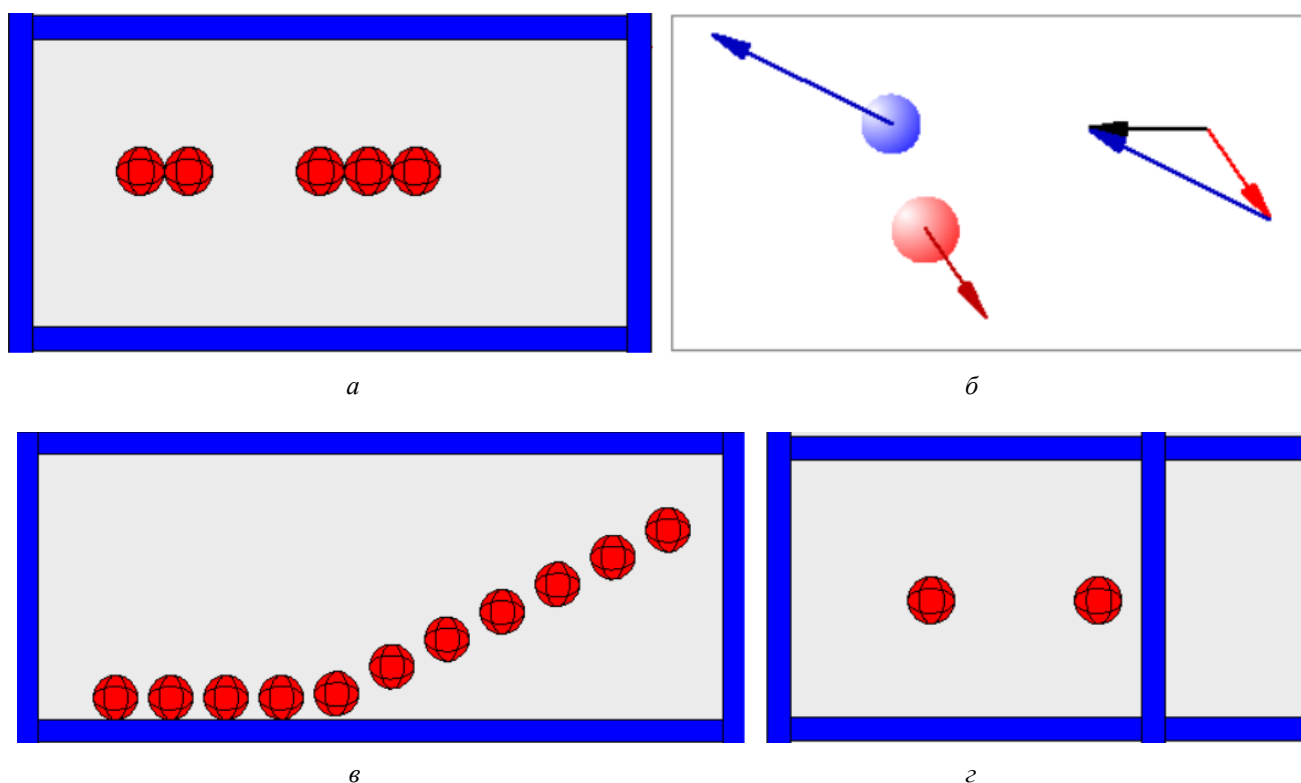


Рис. 3. Взаимодействия шаров: а) «маятник Ньютона» – центральные удары; б) нецентральное соударение; в) частично упругий отскок шаров от пола (коэффициент восстановления от 0 до 1 с шагом 0,1); г) взаимодействие пары частиц с движущимся поршнем – модель нагревания газа при сжатии

При расчете движения пары свободно падающих на горизонтальную опору шариков, расположенных один над другим, модель успешно иллюстрирует многократные отскоки тел друг от друга (и от опоры) как для случая одинаковых масс шариков, так и для случаев, когда масса нижнего шарика значительно больше или меньше, чем у верхнего. Начальное расстояние между телами произвольно.

Область применимости модели шара выходит за рамки механики. Например, упомянутое взаимодействие пары шаров с движущейся стенкой (рис. 3, г) позволяет понять, почему газ при сжатии нагревается, пояснить, что такое давление газа (его статистическая сущность, среднее значение величины и ее флуктуации – рис. 4).

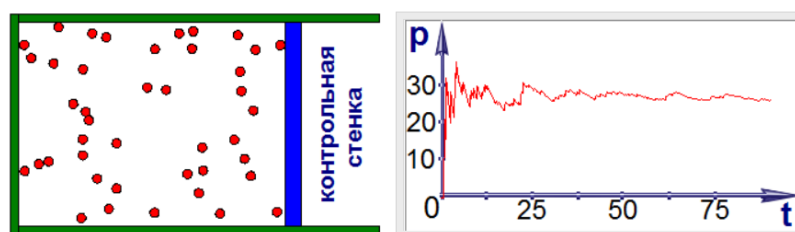


Рис. 4. Давление газа на стенку сосуда: вычисляется как средний импульс силы, переданный частицами стенке при соударениях; с увеличением времени наблюдения флуктуации сглаживаются

Поведение ансамбля частиц, из которых одна значительно больше остальных по размеру и массе, позволяет исследовать закономерности броуновского движения. Возможностям модельного конструктора в плане иллюстрации того, как устанавливается термодинамическое

равновесие при смешивании газов с разными температурами и молекулярными массами, в частности, как происходит диффузия, посвящена статья [4].

Модельный эксперимент с достаточно большим (50 и более) числом частиц наглядно иллюстрирует возникновение хаоса из первоначально упорядоченного движения, например, одинаковые модули скорости у всех частиц. Равновесные состояния в таких системах характеризуются статистическими распределениями, хорошо согласующимися (при любых заданных начальных условиях) с распределениями Максвелла и Больцмана, включая зависимость наиболее вероятной скорости от средней энергии частиц, эквивалентной температуре [4].

Модель кубика (точнее, прямоугольного параллелепипеда) похожа, в целом, на модель шара. Одно из отличий состоит в том, что сила трения для шара описывается как вязкая, а для кубика используется закон для силы сухого трения покоя и скольжения. Кроме того, относительная устойчивость (затрудненность вращения) кубика на опоре позволяет изучить в модельном эксперименте большое количество колебательных систем.

На рис. 5, *а* изображены колебания упруго связанной пары кубиков относительно общего центра масс; амплитуда движения более массивного тела меньше, чем менее массивного. Эксперимент демонстрирует, что отношение амплитуд обратно отношению масс тел. При вертикальных колебаниях подобной связки тел при наличии горизонтальной опоры (рис. 5, *б*) можно наблюдать эффект «подпрыгивания», который возникает, если масса нижнего кубика значительно больше, чем верхнего, и пружина достаточно жесткая. При отсутствии «подпрыгивания» сохраняется эффект переменного давления системы на опору.

Пружина описывается в конструкторе как объект, имеющий конечный собственный размер, что, как правило, не учитывается при изложении элементарного курса физики. Учет этого очевидного свойства упругих элементов позволяет выявить в простых, казалось бы, задачах неожиданные для неискушенного пользователя эффекты. Ряд моделей, демонстрирующих их, автор использует при изложении одной из лекций (условное название «Колебания в системах с одной степенью свободы: не все так просто») курса «Специальные разделы физики» в Пермском национальном-исследовательском потехническом университете. При этом демонстрация поведения колебательных систем комбинируется со строгим математическим выводом законов их движения.

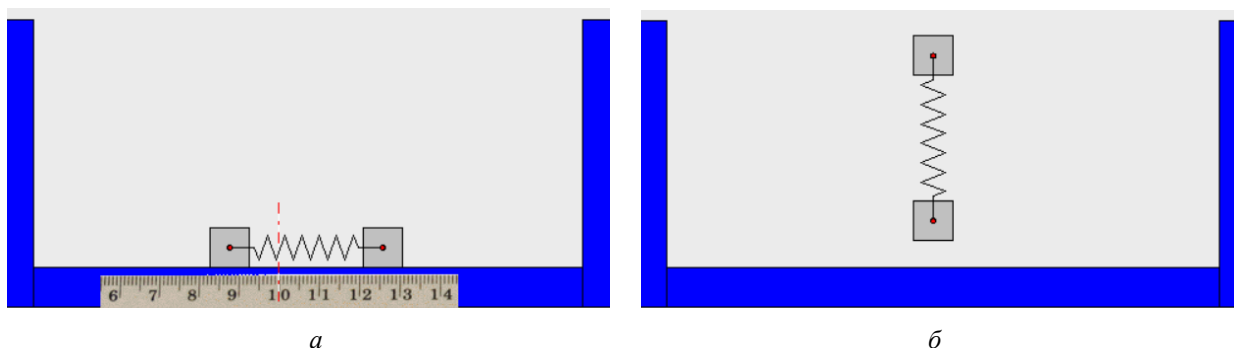


Рис. 5. Горизонтальные и вертикальные осцилляции упруго связанной пары тел

Например, сначала аналитически, а затем и на модели показывается, что при продольных колебаниях (рис. 6, *а*) пружинного маятника частота колебаний $\omega_{\text{прод}}$ не зависит от собственной

длины пружины a_0 . После этого проводится модельный эксперимент по изучению поперечных колебаний (рис. 6, б). Выясняется, что их частота $\omega_{\text{попер}}$, во-первых, меньше, чем продольных, во-вторых, существенно зависит от собственной длины пружин. После этого выводится дифференциальное уравнение поперечных колебаний, которое оказывается нелинейным:

$$\ddot{y} + \frac{2k}{m} \left(1 - \frac{a_0}{\sqrt{a^2 + y^2}} \right) y = 0 .$$

Очевидно, что только в предельном случае $a_0 \rightarrow 0$ частота поперечных колебаний равна частоте продольных. При конечной длине пружин нелинейность уравнения несущественна для малых колебаний: разложение в ряд дает уравнение

$$\ddot{y} + \frac{2k}{m} \left(1 - \frac{a_0}{a} \right) y = 0 ,$$

то есть получаем $\omega_{\text{попер}} = \omega_{\text{прод}} \cdot (1 - a_0/a)^{1/2}$.

Если собственная длина пружин такова, что в положении равновесия они не деформированы, то возвращающая сила создается только нелинейными слагаемыми и период малых колебаний стремится к бесконечности, что также подтверждается модельным экспериментом.

После выяснения этой особенности поперечных колебаний уже не вызывает удивления, что в колебательной системе, представленной на рис. 7, а (с конечными значениями параметра a_0), при отличии жесткости вертикальных и горизонтальных пружин в 4 раза частоты ω_x и ω_y отличаются не вдвое и траектория движения тела не совпадает с классической фигурой Лиссажу, свойственной колебаниям с двумя степенями свободы при условии $\omega_y = 2\omega_x$.

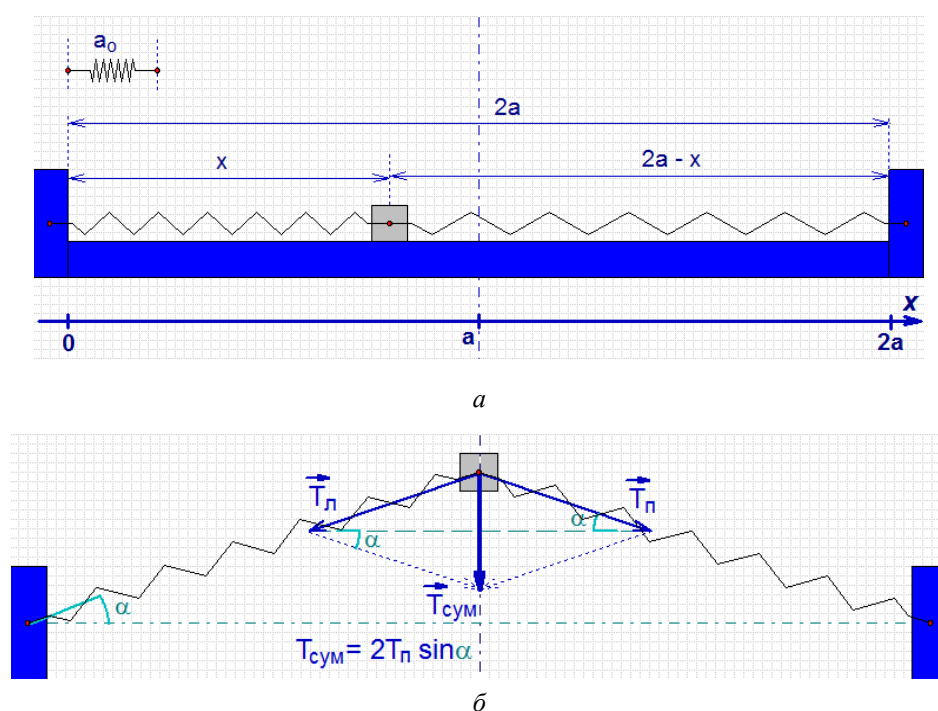


Рис. 6. Продольные и поперечные колебания пружинного маятника

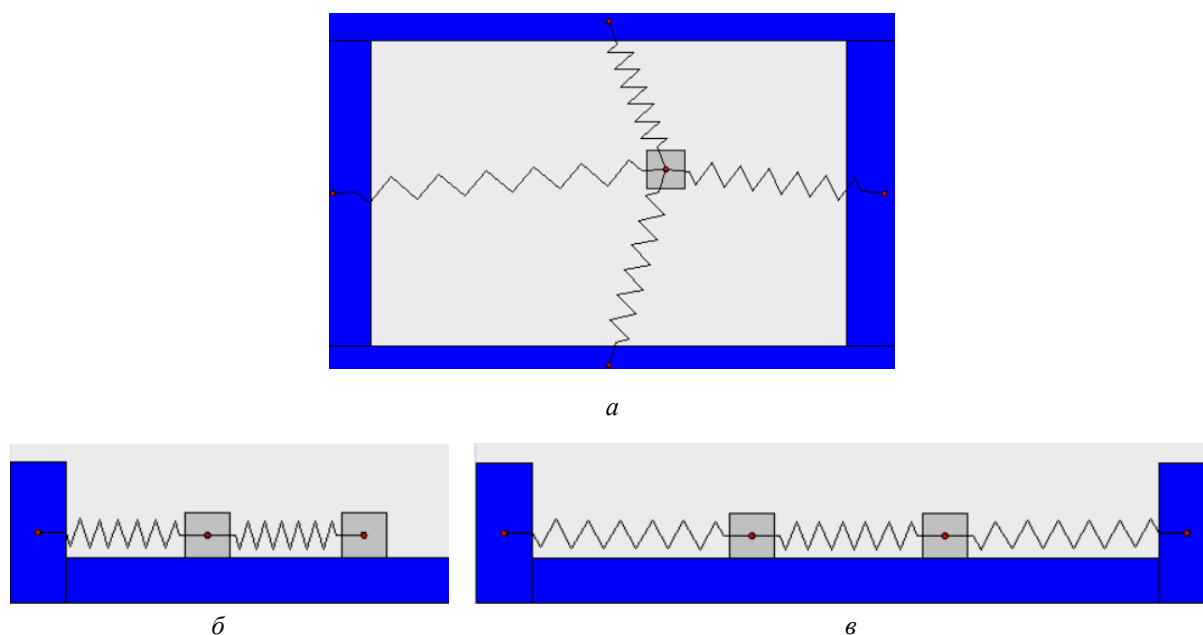


Рис. 7. Колебания систем с двумя степенями свободы

Обсуждаемый конструктор позволяет провести моделирование и для других колебательных систем с двумя и большим числом степеней свободы (см., например, рис. 7, б и в). Для последней из этих систем удастся наглядно показать, что общий случай движения, внешне выглядящего как неупорядоченное (рис. 8, а), может быть представлен в виде суперпозиции пары мод (рис. 8, б). Первой моде соответствует синфазное движение грузов, второй – движение в противофазе. Частоты мод, в полном согласии с теорией [7], отличаются в $\sqrt{3}$ раз.

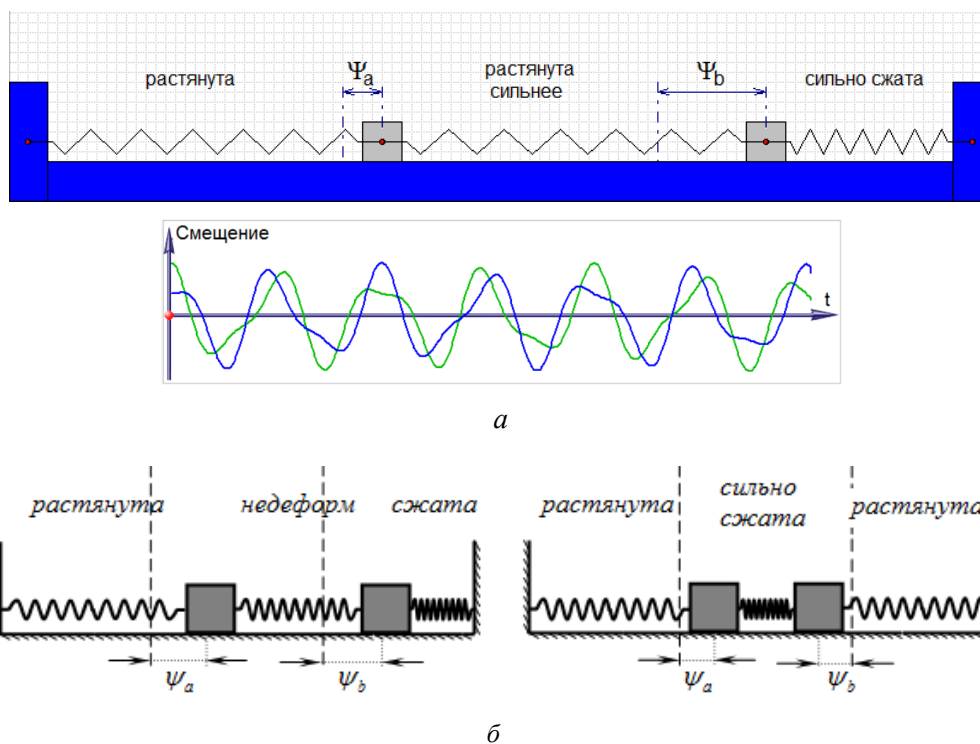


Рис. 8. Два груза и три пружины: а) общий случай движения; б) моды колебательной системы

Еще одна интересная колебательная система с двумя степенями свободы – пара упруго связанных математических маятников. Если жесткость пружины не слишком велика, частоты первой (синфазной, рис. 9, *а*) и второй (противофазной, рис. 9, *б*) мод отличаются не слишком сильно. В результате возникает эффект биения мод (рис. 9, *в*). Он состоит в том, что энергия системы поочередно переходит от одного тела к другому.

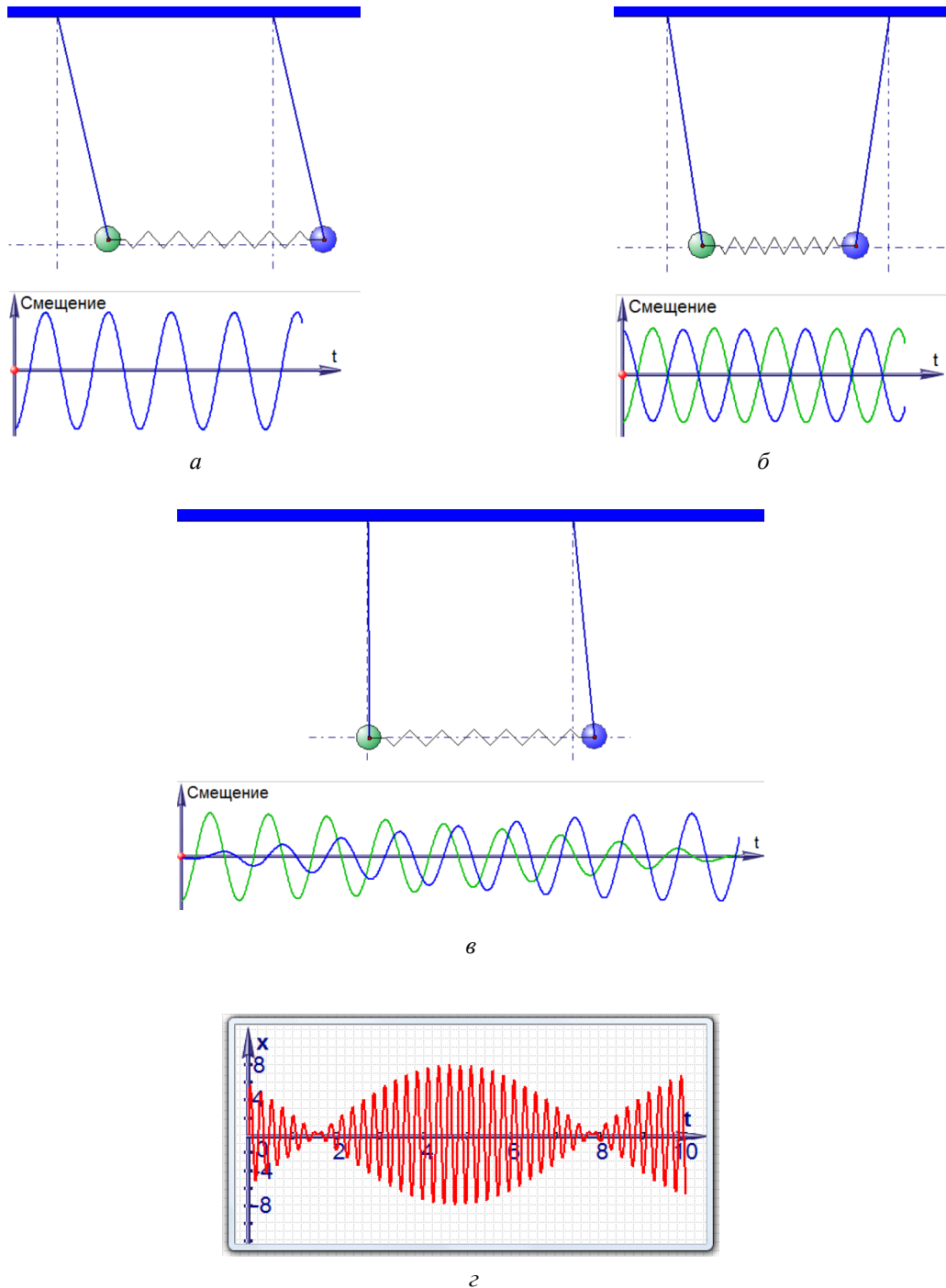


Рис. 9. Связанные математические маятники: *а*) и *б*) моды колебательной системы; *в*) общий случай движения: перекачка энергии от левого тела к правому; *з*) биение мод (увеличенное время наблюдения)

Упругие связи между телами позволяют моделировать в молекулярной физике кристаллическое состояние вещества и даже – путем динамического порождения и уничтожения связей – изменения агрегатного состояния. На рис. 10 изображена серия таких изменений: от твердого состояния электропроводного кристалла до газообразного состояния и обратно; красные шарики – молекулы или ионы, синие точки – свободные электроны. Видно, что конечный кристалл имеет иную форму, чем исходный.

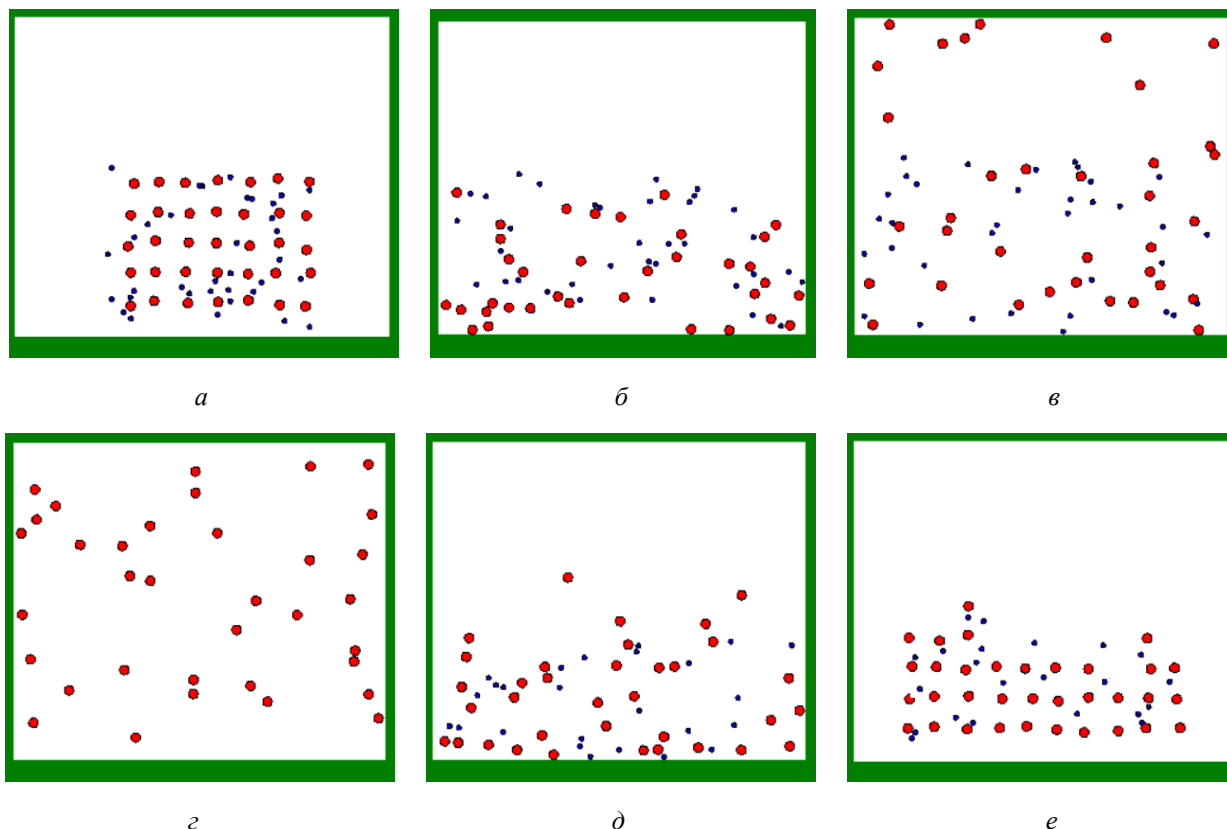
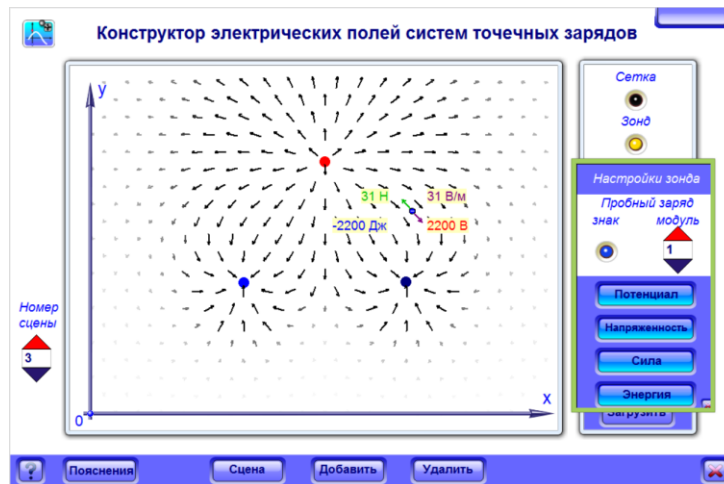


Рис. 10. Цепочка изменений агрегатного состояния: а) твердое состояние; б) жидкое состояние; в) процесс испарения; г) газообразное состояние; д) процесс конденсации; е) кристаллизация

Конструктор «Электростатические поля»

В состав среды «Интер@ктивная физика» входит конструктор, позволяющий рассчитывать и визуализировать электростатические поля точечных и распределенных зарядов, а также движение в этих полях свободных пробных зарядов. Конструктор содержит модели: 1) источников поля (точечный заряд, заряженные диэлектрические сфера, шар, шаровой слой, бесконечная нить, сплошной и полый цилиндры, бесконечные плоскости – тонкие и конечной толщины) и сумматора полей; 2) свободного точечного заряда, движущегося в поле системы; 3) «зонда» – прикрепленного к курсору мыши пробного заряда, отображающего вектор действующей на него силы; 4) вектора напряженности, отображающего поле в некоторой точке (преимущество такого средства визуализации перед силовыми линиями состоит в динамическом изменении картины поля при изменении условий); 5) цветового индикатора потенциала в некоторой точке (оттенки красного для положительного потенциала, синего – для отрицательного, белый цвет – для нуля);

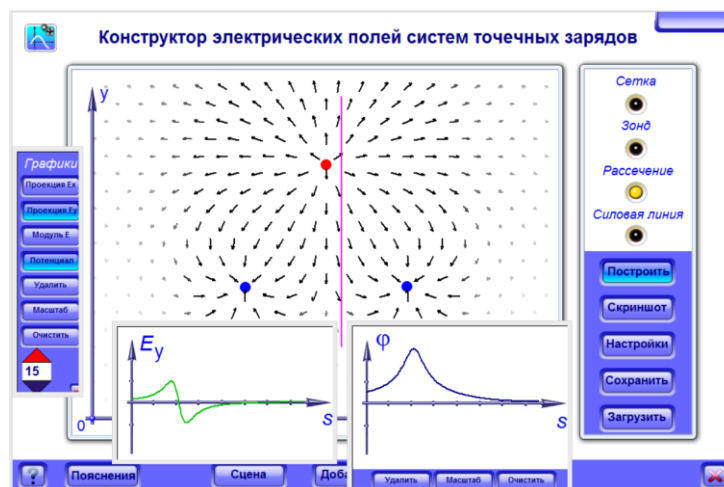
б) средства построения распределений характеристик поля вдоль произвольной прямой, проведенной с помощью мыши. Примеры визуализации полей представлены на рис. 11.



а



б



в

Рис. 11. Поле системы трех точечных зарядов: а) работа зонда; б) силовые линии; в) графики.

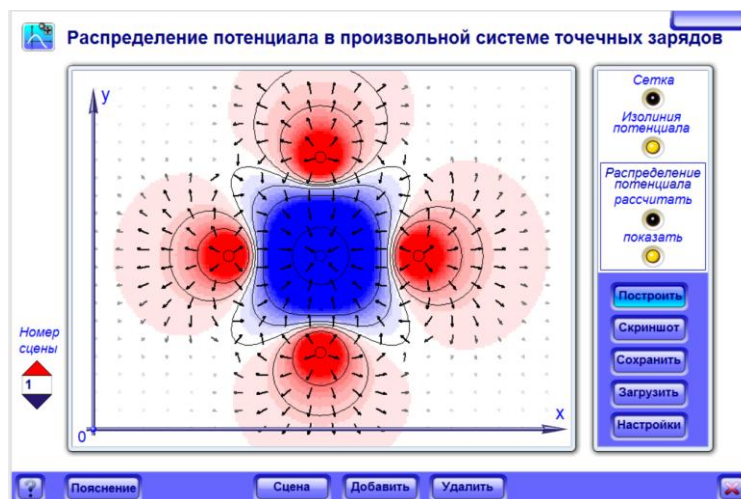


Рис. 12. Распределение потенциала для системы точечных зарядов

На рис. 11, а поле трех точечных зарядов визуализировано системой векторов напряженности, начала которых расположены в узлах регулярной сетки; длина и яркость стрелок зависит от интенсивности поля. Имеется возможность изменять количество заряженных тел (кнопки *Добавить* и *Удалить*), их положение (путем выбора мышью и последующего перемещения с помощью мыши или клавиш клавиатуры) и величину заряда (окно ввода в меню, всплывающем при выборе тела). На этом же рисунке видно, что активирован зонд, позволяющий отображать векторы напряженности и действующей на заряд силы, модули этих величин, а также числовые значения потенциала поля и потенциальной энергии пробного заряда в той точке поля, где находится курсор мыши.

Строгий расчет полной картины силовых линий трудоемок и не однозначен, поэтому в рамках данного конструктора пользователю предоставляется возможность строить силовые линии, проходящие через любую указанную точку (рис. 11, б). Количество строящихся линий не ограничено. Ненужные линии могут быть удалены – все вместе или любая в отдельности.

Далее, имеется возможность построения графиков для компонент и модуля вектора напряженности, а также потенциала от координаты вдоль линии, проведенной с помощью мыши (рис. 11, в). При этом можно изменять параметры системы и строить семейства графиков, с тем чтобы анализировать произошедшие изменения характеристик поля; лишние графики можно удалять, а масштаб при необходимости изменять.

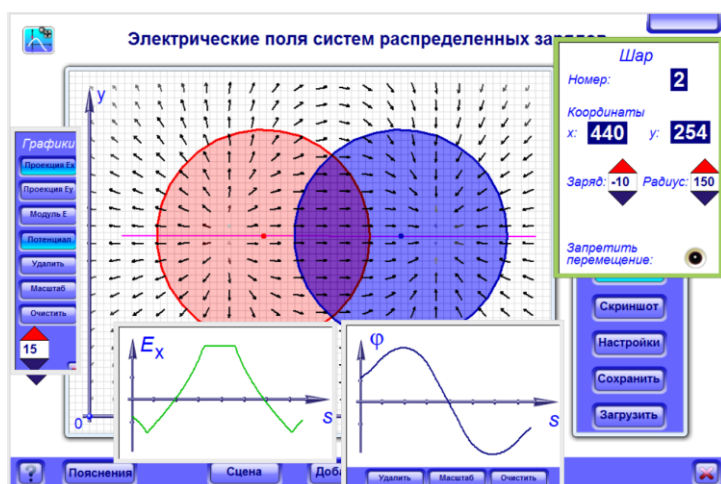
Наконец, конструктор позволяет визуализировать распределение потенциала поля. Предусмотрены два способа: построение любого количества эквипотенциальных поверхностей через точки поля, указанные мышью, и отображение потенциала путем цветовой окраски экрана. Красный цвет различных оттенков – признак положительного потенциала, синий – отрицательного. Различная насыщенность цвета говорит о модуле потенциала. Интенсивность цвета меняется дискретно, поэтому границы зон разного цвета, по сути, также являются линиями равного потенциала. На рис. 12 представлены оба способа отображения распределения потенциала.

Предусмотрен ряд сервисных опций: построение сетки (рис. 11, б), сохранение и загрузка сохраненных ранее конфигураций зарядов, сохранение скриншота экрана и др.

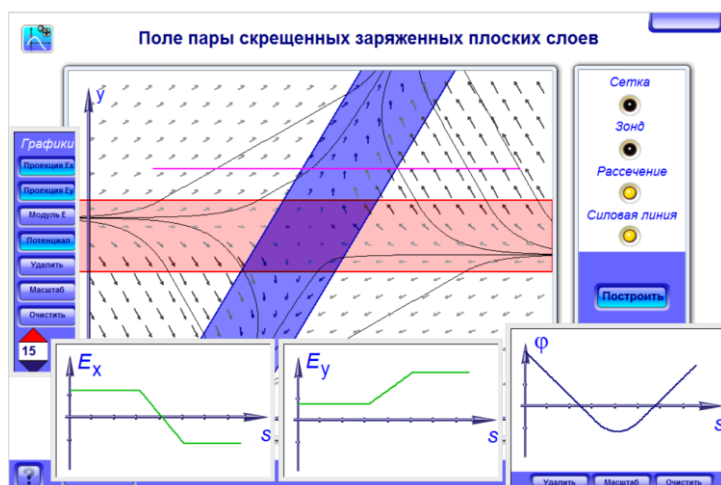
Аналогичные возможности визуализации имеются в случае исследования полей зарядов, равномерно распределенных по поверхностям или объемам сфер, шаров, плоскостей, плоских или сферических слоев (рис. 13).



а



б

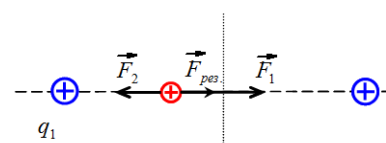
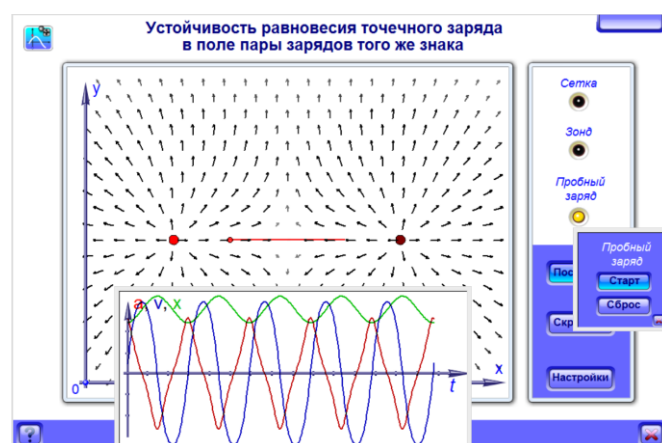


в

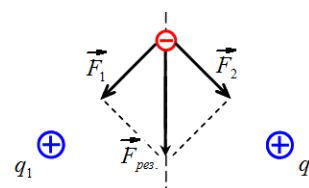
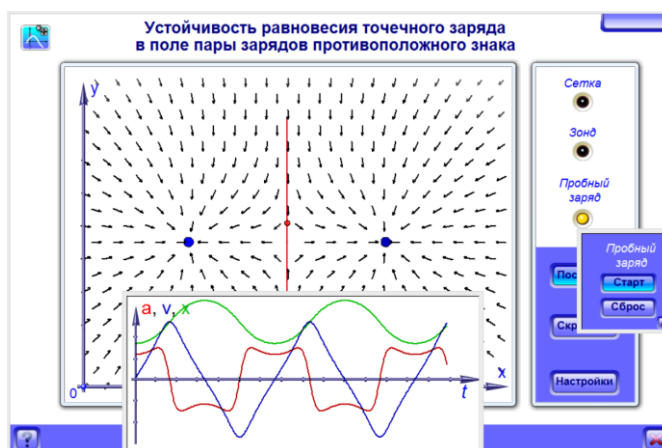
Рис. 13. Расчет полей распределенных зарядов

Поля систем зарядов можно также рассчитывать на основе теоремы Гаусса (рис. 13, а) или принципа суперпозиции (рис. 13, б и в). В этом случае появляется возможность сопоставлять аналитическое и модельное решения, выяснять условия, при которых поле в той или иной пространственной области, например, равно нулю или является однородным.

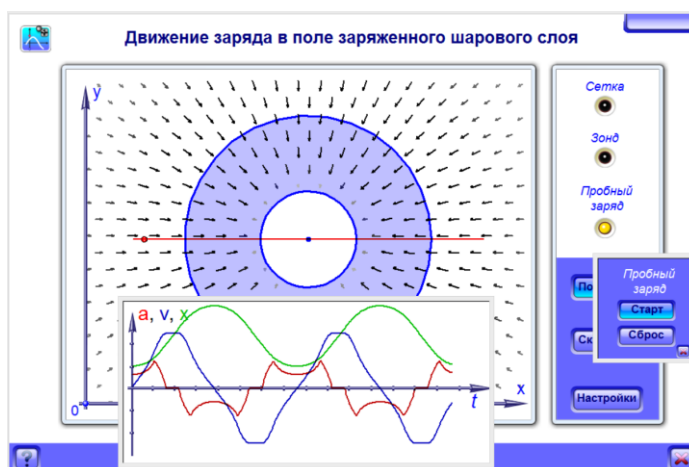
Еще одна возможность, предоставляемая обсуждаемым конструктором, – расчет движения пробного заряда в полях заданной конфигурации. В частности, решается на модели задача об устойчивости точечного заряда в поле других зарядов (рис. 14).



а



б



в

Рис. 14. Движение заряда в поле заданной конфигурации

Рис. 14, *а* и *б* показывает, что при определенном знаке заряда частица, имеющая одну степень свободы, может находиться в устойчивом равновесии в поле пары закрепленных зарядов. Отметим, что уравнения движения для колебаний конечной амплитуды в системах вроде изображенных на рис. 14 нелинейны, происходящие колебания далеки от гармонических.

Итак, описанный модельный конструктор позволяет рассмотреть задачи о расчете электростатических полей составных систем, об устойчивости равновесия точечного заряда и его движении в полях различной конфигурации. Кроме того, модели такого рода помогают пояснить и наглядно продемонстрировать свойство потенциальности электростатического поля (добавляется процедура вычисления работы внешних сил при перемещении «зонда»). Легко показать исторические модели устройства атома (рис. 15, *а*), поставить модельные эксперименты по фокусировке и рассеянию заряженных частиц (например, опыт Резерфорда, рис. 15, *б*).

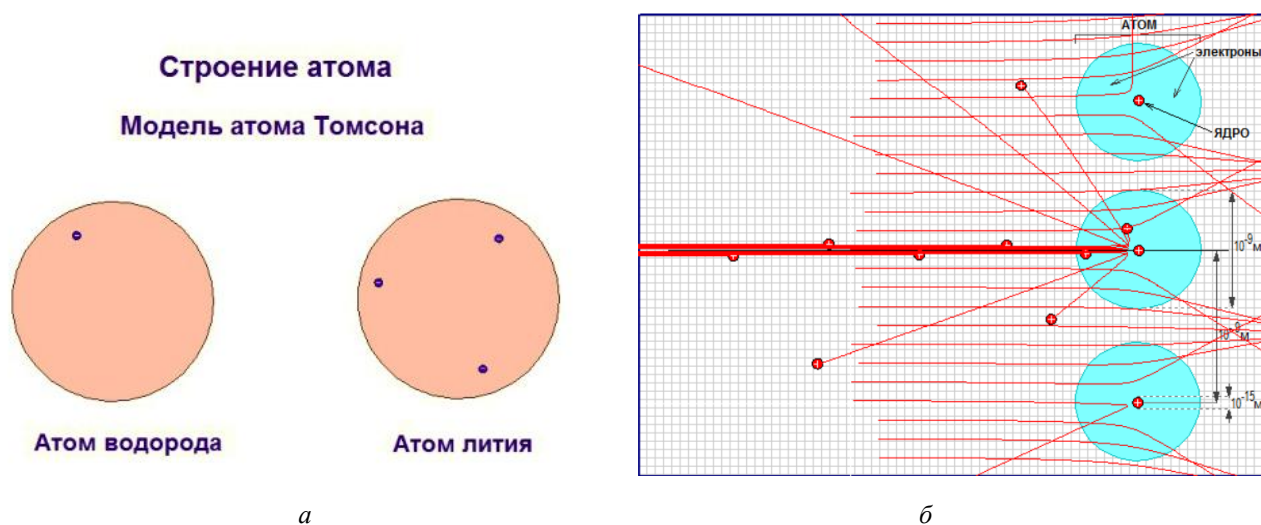


Рис. 15. Иллюстрация представлений атомной физики с помощью конструктора электростатических полей

Ансамбль заряженных частиц может на качественном уровне иллюстрировать поведение молекул реального газа (например, с взаимодействием, подобным ван-дер-ваальсовскому). Такая модель описывает наступление хаоса в системе многих частиц так же успешно, как обсуждавшаяся выше модель на основе механического конструктора. В такой системе также обнаруживаются классические статистические распределения Больцмана и Максвелла.

Небольшие модификации конструктора позволяют описать движение систем гравитирующих тел (двойная звезда, система звезда-планета-луна, звездно-планетарная система), а также задачи порождения магнитных полей электрическими токами.

Опыт показывает, что сборка схем из элементов конструкторов с технической точки зрения доступна как педагогам, так и учащимся. Тем не менее, приходится констатировать, что режим конструирования не востребован массовой школьной практикой. Это можно объяснить тем, что методика использования конструкторского модельного материала – серьезная задача, требующая от педагога значительных интеллектуальных и временных затрат. Для индивидуальной работы в режиме конструирования нужна глубоко продуманная постановка задания, которая обеспечивает в достаточной мере самостоятельную, осмысленную и целенаправленную деятельность учащихся, возможность получения ими «измеряемого» по качеству результата.

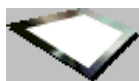
Использование конструкторов учителем при объяснении на занятиях нового материала, к сожалению, также пока является экзотикой. Тем не менее разработка и внедрение в информационно-образовательную среду достаточно универсальных конструкторов моделей представляются необходимыми и объективно обусловленными процессами. С одной стороны, конструкторы нужны для удовлетворения потребностей наиболее продвинутых педагогов и учащихся; при этом они могут быть фрагментами научно-технического программного обеспечения, как это имеет место со средой «Живая физика». С другой стороны, для разработчиков образовательных продуктов конструкторы представляют собой удобный базовый материал, своего рода «полуфабрикаты» учебных пособий традиционного типа. Наконец, модельные конструкторы – это реализация объектно-ориентированного подхода и шаг в неотвратимом движении по развитию программного обеспечения в направлении адекватного представления виртуального мира, виртуальной реальности.



Список литературы

1. 1С: Школа. Физика 7–11 классы. Библиотека наглядных пособий / под ред. Н.К. Хананова. – М.: Дрофа, 2004.
2. 1С: Школа. Физика 10–11 классы. Подготовка к ЕГЭ / под ред. Н.К. Хананова. – М.: 1С, 2004.
3. Баяндин Д.В. Полнофункциональная моделирующая компьютерная среда обучения физике как инструмент развития инженерного мышления [Электронный ресурс] // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 8. – С. 128–134. – URL: http://journals.uspu.ru/index.php?option=com_content&view=categories&id=430&Itemid=322 (дата обращения: 30.10.2016).
4. Баяндин Д.В., Медведева Н.Н., Ханнанов Н.К. Компьютерный модельный эксперимент при изложении молекулярно-кинетической теории газов в средней школе // Вест. Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-та. Сер. «Информационные компьютерные технологии в образовании». – Вып. 11. – Пермь, 2015. – С. 32–53.
5. Живая физика 2000. – М.: ИНТ, 2002.
6. Интер@ктивная физика. Система активных обучающих сред для средней и высшей школы: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. – ООО ИИТ. – Электрон. дан. (7,3Гб, 7,9 Гб). – Пермь: ООО ИИТ, 2012.
7. Крауфорд Ф. Берклеевский курс физики. Т. 3. Волны: учеб. пособие вузов. – М.: Мир, 1975, 1984. – 512 с.
8. Лабораторные работы по физике (виртуальная физическая лаборатория). – М.: Дрофа, 2006. – (Сер. CD для 7–11 кл. в 12 ч. (6 CD)).
9. Наглядная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / ООО «Экзамен-медиа». – Электрон. дан. (500Мб, 556 МБ). – М.: Экзамен-медиа, 2012. – 15 электрон. опт. дисков (CD-ROM).

10. Открытая физика. Версия 2.5 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / ООО «Физикон»; под ред. С.М. Козела. – Электрон. дан. (400Мб, 445 МБ). – М.: Физикон, 2002. – 2 электрон. опт. диска (CD-ROM).



УДК 53 (072.3)

**И.М. Зенцова,
Е.В. Оспенникова**

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИКТ В ОРГАНИЗАЦИИ ДОМАШНЕГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассматривается модель виртуальной образовательной среды как средства сопровождения самостоятельной работы учащихся по проведению физических опытов в домашних условиях. На основе предложенной модели разработан цифровой образовательный ресурс «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы». Раскрывается назначение и содержание основных модулей данного ресурса: экспериментальные задания для домашней работы, дидактическая поддержка познавательной деятельности учащихся, справочно-методологический модуль, источники информации, инструменты учебной работы, сервисы Интернета, портфолио учащегося и рекомендации по выбору профиля обучения, вариативные практики организации учебного процесса, методические рекомендации учителю. Обсуждаются возможности применения данного ресурса с целью формирования готовности учащихся к выбору профильного уровня обучения физике в старшей школе.

К л ю ч е в ы е с л о в а : обучение физике, домашний физический эксперимент, виртуальная образовательная среда, готовность к выбору профильного уровня обучения физике.

Одной из задач работы педагогического коллектива средней школы является подготовка выпускников, свободно ориентирующихся в мире профессий и понимающих важность осознанного выбора направления дальнейшего образования, необходимого для успешной профессиональной деятельности. Эта задача определена в качестве значимой в «Федеральной целевой программе развития образования на 2016–2020 годы», а деятельность учителя-предметника средней общеобразовательной школы, связанная с ее решением, обозначена как необходимая в профессиональном стандарте педагога [17].

Эффективным средством профессиональной ориентации и предпрофессиональной подготовки учащихся средней школы является организация их профильного обучения основам наук в старших классах. Согласно федеральному государственному образовательному стандарту общего среднего образования учащимся 10–11 классов с этой целью предоставляется для освоения широкий набор профильных дисциплин и элективных курсов. В основной школе (5–9 классы) в целях пропедевтики сознательного выбора учащимися будущего профиля обучения осуществляется их предпрофильная подготовка. Одним из средств такой подготовки являются курсы по выбору различной тематики [25].

К показателям, свидетельствующим о достижении целей предпрофильной подготовки учащихся основной школы, могут быть отнесены их готовность к продолжению обучения в старших классах по избранным предметам на профильном уровне и, далее, осознанный выбор после окончания школы соответствующего содержанию данного профиля направления профессионального образования.

Выбор профильной направленности обучения осуществляется школьниками на основе их личностной профессиональной ориентации. На этот выбор существенное влияние оказывают сложившийся в социуме рейтинг престижности различных профессий и реализуемая в стране кадровая политика.

В настоящее время серьезное внимание на государственном уровне уделяется развитию физико-математического и инженерно-технического образования молодежи. Тем не менее, в течение последних двух десятилетий наблюдается устойчивый спад интереса выпускников средней школы к этим областям профессиональной подготовки. Механизм запуска этого негативного процесса «срабатывает» еще в основной школе и проявляется в невысокой заинтересованности учащихся 7–9 классов в изучении предметов естественнонаучного цикла, в том числе физики. Другой причиной является пока еще явно недостаточная работа педагогических коллективов школы в направлении предпрофильной подготовки учащихся и их последующей профессиональной ориентации. Нельзя не отметить, что на данное положение дел оказывает влияние и уровень разработанности в педагогической науке методов и средств поддержки профессионального самоопределения учащихся, в частности, способов реализации возможностей предметов естественнонаучного цикла в формировании готовности выпускников основной школы к выбору профильного уровня изучения этих предметов в старших классах.

Готовность учащегося к выбору профиля обучения (как разновидность готовности к деятельности) определяется как сложное личностное образование (интегративное качество личности, по И.А. Зимней [4]), обусловленное приобретенным опытом учебно-познавательной деятельности и включающее его мотивационные, познавательные, волевые и эмоциональные компоненты. Данный вид готовности проявляется:

- в осознании личностного смысла получения образования на профильном уровне,
- ориентировке в содержании обучения в рамках избираемого профиля,
- адекватной оценке достаточности собственного учебно-познавательного опыта и личностного потенциала для достижения целей образования по данному профилю,
- принятии ответственности за результат выбора.

Рассмотрим в рамках настоящей статьи возможности школьной образовательной среды в формировании у учащихся 7–9 классов готовности к выбору профильного уровня обучения физике при их переходе в старшую школу.

Как показывают результаты педагогической диагностики, основу готовности девятиклассников к выбору профильного уровня обучения физике в старших классах составляют сложившийся у них интерес к ее изучению и успешность освоения данной области знания. В связи с этим важная роль в решении задачи профессионального самоопределения учащихся основной школы отводится специально организованному профильно-ориентированному обучению, обеспечивающему становление у них *познавательного интереса* к изучению предмета и достаточный для продолжения обучения *уровень качества* их предметной подготовки. Обучение такой

направленности должно обеспечивать необходимую *информированность* учащихся *о содержании физико-математического образования, требованиях к его необходимому уровню* по основному и смежным предметам на каждом этапе обучения, а также возможных *направлениях продолжения образования* после окончания средней школы. У выпускников основной школы должно быть сформировано *представление о профессиях*, связанных с получением образования физико-математического профиля.

Одним из значимых факторов развития у учащихся основной школы интереса к физике и занятиям физико-техническим творчеством является физический эксперимент. Решению проблемы совершенствования методики и техники постановки физического эксперимента в средней школе в педагогических исследованиях уделяется достаточное внимание. Это работы Л.И. Анциферова, А.А. Боброва, В.А. Бурова, Ю.И. Дик, Л.А. Ивановой, О.Ф. Кабардина, С.Е. Каменецкого, В.В. Майера, А.А. Марголиса, В.А. Орлова, Е.В. Оспенниковой, Е.Н. Парфентьевой, И.М. Пищикова, А.А. Покровского, Н.С. Пурышевой, В.Г. Разумовского, В.Я. Сиенко, С.В. Степанова, А.В. Усовой, С.А. Хорошавина, Т.Н. Шамало и др. За последние несколько десятилетий значительное развитие получили теория и практика организации всех форм школьного физического эксперимента: демонстрационного эксперимента, фронтальных опытов и лабораторных работ, экспериментальных работ практикума.

Особое место в системе экспериментальной подготовки учащихся по физике занимает домашний эксперимент. Проблема поиска эффективных способов организации проведения учащимися физических опытов в домашних условиях не нова. Ее решением на разных этапах развития системы образования занимались такие отечественные исследователи, как М.Ю. Адамов, Н.С. Белый, Т.Д. Бердалиева, Е.А. Веденеева, З.А. Вологодская, В.А. Данюшенков, П.В. Зуев, М.Г. Ковтунович, О.В. Коршунова, С.Ф. Покровский, Е.Н. Соколова, А.В. Усова, А.Ф. Шibaев, В.Ф. Шилов, С.И. Юров и др. По результатам проведенных исследований были разработаны учебные пособия по домашнему эксперименту для учащихся средних школ и соответствующие методические материалы для учителей физики. К наиболее известным относятся работы С.И. Юрова «Домашние экспериментальные работы учащихся по физике» (1954 г.) [27], С.Ф. Покровского «Опыты и наблюдения в домашних заданиях по физике» (1963 г.) [15], А.В. Усовой, З.А. Вологодской «Самостоятельная работа учащихся по физике в средней школе» (1981 г.) [24], В.А. Данюшенкова, О.В. Коршуновой «Домашний эксперимент по физике в условиях развивающего обучения» (2000 г.) [2], М.Г. Ковтунович «Домашний эксперимент по физике» (2007 г.) [8], П.В. Зуева «Простые опыты по физике в школе и дома» (2012 г.) [5].

Образовательный потенциал домашнего физического эксперимента достаточно высок. Возрастные особенности учащихся основной школы таковы, что для большинства из них самостоятельное выполнение опытов в домашних условиях является весьма привлекательным занятием. При организации домашнего эксперимента создаются уникальные условия для расширения базы экспериментальной подготовки школьников. Существенно увеличивается число выполняемых опытов. Растет их разнообразие. Совершенствуются экспериментальные умения обучаемых и обогащается состав данных умений. Домашний физический эксперимент – весьма эффективное средство преодоления формализма в усвоении курса физики и формирования у учащихся контекстного физического знания. При выполнении опытов в домашних условиях достигается более высокий уровень самостоятельности учебной работы и создаются благоприятные

ятные условия для развития технического творчества детей, реализуется политехническая направленность обучения физике. Домашние экспериментальные задания могут выполняться в парах или малых группах, что не только является интересным и весьма полезным для учащихся с точки зрения развития их коммуникативных умений, но и обеспечивает запуск механизма «взаимообучения». Немаловажный фактор, определяющий качество работы учащихся в условиях дома, – это привлечение их родителей к организации домашнего физического эксперимента. Есть все основания полагать, что домашний физический эксперимент, будучи включенным в систему предпрофильной подготовки учащихся по физике, может стать эффективным средством развития у них интереса к ее изучению и роста успешности учебной работы по предмету.

Несмотря на значительный дидактический и воспитательный потенциал домашних опытов, организация экспериментальной работы учащихся по физике в условиях дома остается в настоящее время преимущественно предметом профессиональной деятельности учителей-энтузиастов. Возможности этой формы предметной подготовки в средней школе пока не реализованы в полной мере. Многие десятилетия это было связано с отсутствием специального оборудования для домашних экспериментов по физике, недостаточностью дидактических средств поддержки самостоятельной экспериментальной работы учащихся, а также средств эффективного управления этой работой. Используемые учителями дидактические материалы долгое время оставались вполне традиционными. Это были учебные тексты, включающие учебные задания с краткими инструктивными указаниями к работе, и в ряде случаев иллюстрации к выполнению опытов. Подобные материалы были представлены в специальных дидактических пособиях для учащихся (А.В. Усовой и З.А. Вологодской [23, 24], Т.А. Ханнановой и Н.К. Хананова [26] и др.), которые не имели, как правило, массового распространения.

В настоящее время ситуация существенно изменилась.

Во-первых, экспериментальные задания включены в содержание рабочих тетрадей учебных комплектов по физике. Так, например, в рабочих тетрадях к учебникам по физике для учащихся 7–9 классов А.В. Перышкина и Е.М. Гутник [6, 7, 10] доля таких заданий составляет 9%. В рабочих тетрадях учебного комплекта по физике для основной школы Н.С. Пурышевой и Н.Е. Важеевской [18, 19, 20] эта доля равна 11,3%. Конечно, не все приведенные задания связаны с домашней работой учащихся. Процент заданий по выполнению опытов в домашних условиях в рабочих тетрадях Н.С. Пурышевой и Н.Е. Важеевской составляет 5,8%, а в рабочих тетрадях учебного комплекта по физике А.В. Перышкина и Е.М. Гутник – только 2,9%. Весьма ограничено в связи с этим разнообразие домашних опытов по содержанию и средствам выполнения. Почти не варьируется уровень их сложности.

Во-вторых, существенно возросли возможности успешной организации домашнего физического эксперимента. Это обеспечивается:

- 1) развитием бытовой техники: появлением новых технических устройств (в том числе современных цифровых мобильных устройств и бытовых роботизированных систем), разнообразием новых инструментов, приборов и материалов;
- 2) формированием базы доступных для приобретения в личное пользование недорогих учебных наборов по физике и ее техническим приложениям для домашнего экспериментирования и конструирования;

3) наличием виртуальной среды обучения, включающей различные медиаформаты представления информации по методологии физического эксперимента и виртуальные средства ее освоения (тексты, рисунки, видео, анимации, интерактивные модели, среды для учебного моделирования);

4) высоким уровнем развития цифровой аппаратной техники и инструментария (стандартного и специального ПО) для обработки результатов опытных исследований, возможностью применения учащимися аппаратных и программных средств при проведении домашних наблюдений и экспериментов с целью фиксации, обработки и представления полученных результатов (фото- и видеосъемка, аудиозапись, цифровая обработка графики, фото- и видеоданных, математическая обработка и графическая интерпретация результатов, сканирование и цифровая печать, 3D-моделирование и 3D-печать различных объектов как дополнительная сервисная услуга, программный инструментарий для наглядного представления результатов исследования в виде презентаций, слайд-шоу, анимации, моделей и пр.);

5) доступностью фондов электронных публикаций и справочной литературы, в которых освещаются вопросы проведения физических опытов, в том числе в домашних условиях;

6) формированием технологически развитой системы дистанционного обучения;

7) становлением сервисной службы Интернета, непрерывным развитием технологий сетевой коммуникации и возможностью их применения с целью организации совместной работы учащихся, а также взаимодействия учащихся с учителем.

Указанная система средств может быть эффективно использована в организации домашнего физического эксперимента. Это позволяет организовать данный вид учебной работы школьников на принципиально ином качественном уровне. Однако в школьной практике новые средства обеспечения домашней экспериментальной работы учащихся пока еще не получили широкого распространения, тем более не используются в едином дидактическом комплексе. Это связано, на наш взгляд, с недостаточной разработкой вопросов методики организации домашнего эксперимента в современной технически и технологически обновленной открытой информационно-образовательной среде.

Одним из вариантов решения обозначенной проблемы является, на наш взгляд, разработка и активное внедрение в учебную практику цифровых средств сопровождения домашнего физического эксперимента. Комплекс таких средств должен быть предназначен для дидактической поддержки самостоятельного освоения учащимися опыта экспериментальной работы в домашних условиях: от выполнения *отдельных домашних экспериментальных заданий* до организации *домашнего экспериментального практикума* как курса по выбору, ориентированного на реализацию предпрофильной подготовки учащихся по предмету. Отличительными признаками такой поддержки является обеспечение разнообразия видов физических опытов, целенаправленная подготовка учащихся по методологии физического эксперимента и формирование у них соответствующих практических умений, в том числе умений в применении новых инструментов учебной деятельности (индивидуальной, групповой, коллективной), которые предоставляет современная информационно-образовательная среда.

В рамках нашего исследования с целью комплексной поддержки домашней экспериментальной работы учащихся по физике был разработан цифровой образовательный ресурс (ЦОР) «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» (рис.1). Модель данного ресурса построена

с учетом содержания дидактической метамодели учебного процесса, представленной в работе одного из авторов настоящей статьи [13]. Структуру ресурса (рис. 2) образуют следующие модули:

- экспериментальные задания для домашней работы;
- дидактическая поддержка познавательной деятельности учащихся (*рекомендации, ин-структивные указания*);
- справочно-методологический модуль;
- источники информации (*библиотека, медиатека, игротека*);
- инструменты учебной работы;
- сервисы (*хранения и обработки информации, коммуникации и совместной работы*);
- портфолио учащегося;
- рекомендации учащимся по выбору профиля обучения;
- вариативные практики организации обучения и методические рекомендации учителю;
- уровни доступа (*учитель, учащиеся, родители*).



Рис. 1. ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы»

ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» имеет локальную и сетевую версии. Рассмотрим структуру и содержание данного ресурса, а также ключевые вопросы методики его применения в обучении с целью предпрофильной подготовки учащихся основной школы.

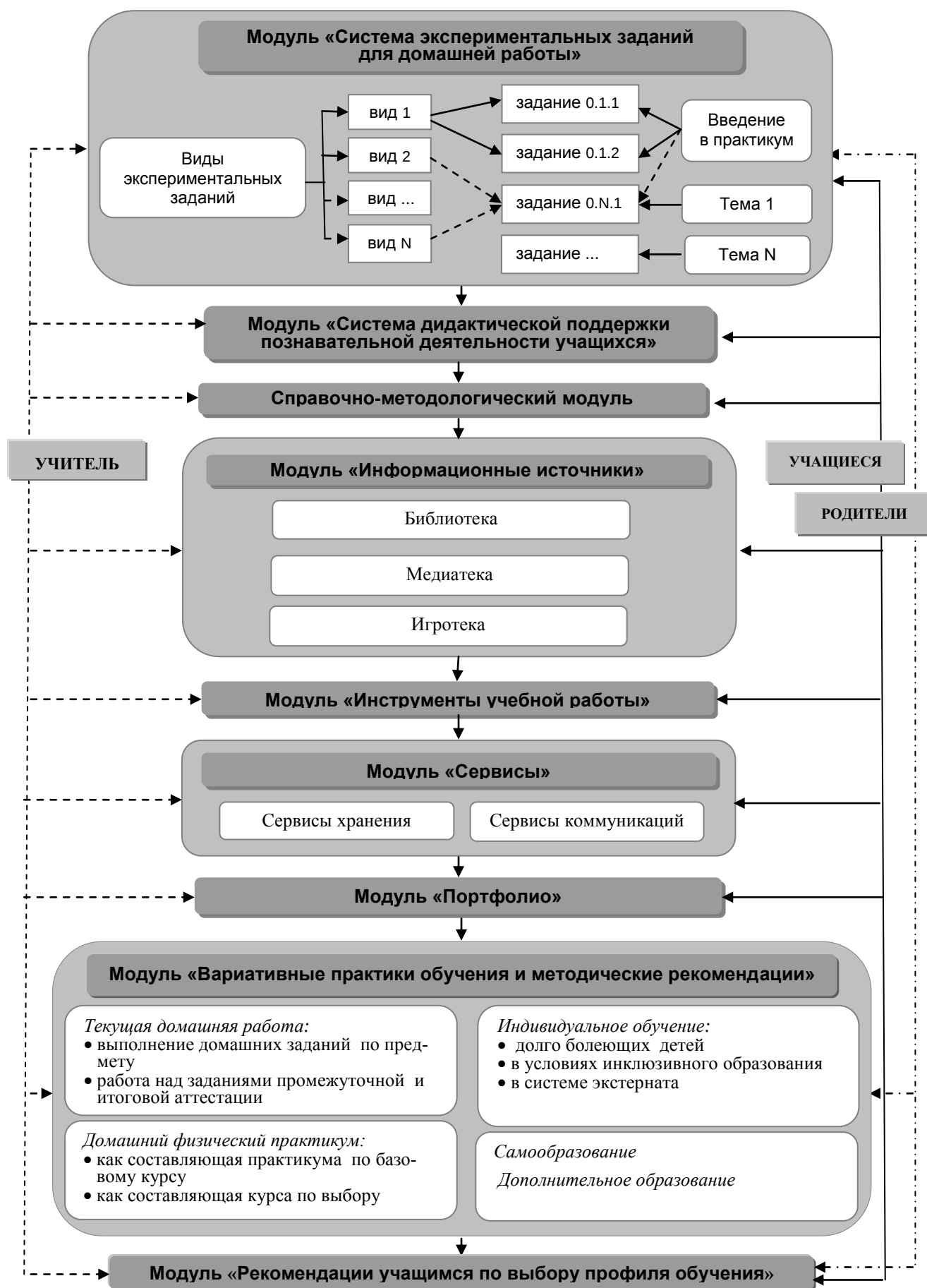


Рис. 2. Модель ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы»

Модуль «Система экспериментальных заданий для домашней работы». В данном модуле представлена система экспериментальных заданий для учащихся 7–9 классов (более 200 заданий). Задания систематизированы по темам школьного курса физики. Выбор и формулировка учебных тем выполнены в соответствии с федеральным стандартом основного общего образования [25] и примерной основной образовательной программой образовательного учреждения (основная школа) [16]. В подборку вошли задания, разработанные (начиная с 60-х гг.) разными авторами и авторскими коллективами. По каждому из таких заданий даны ссылки на первоисточник. Формулировка более чем четверти заданий существенно обновлена. Значительное число заданий модифицированы, что связано в основном с возможностью применения учащимися при их выполнении средств ИКТ. Часть заданий ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» разработана авторами настоящей статьи.

Задания, представленные в модуле, отличаются, прежде всего, видом выполняемого эксперимента. Включены задания разного уровня сложности (*задания-упражнения, типовые задания, задания повышенной сложности*). Определены задания, обязательные для выполнения, и дополнительные задания (по выбору). Имеются задания, ориентированные на организацию рефлексивной деятельности учащихся.

Разнообразие видов экспериментальных заданий ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» призвано обеспечить осознание учащимися роли эксперимента в научном познании и особенностей современной методологии экспериментального исследования, а также рост уровня познавательной самостоятельности обучаемых.

Виды экспериментальных заданий в ресурсе дифференцированы по следующим основаниям:

- месту эксперимента в структуре научного и научно-технического познания (его познавательной функции);
- цели эксперимента;
- используемым техническим средствам постановки эксперимента [22, с. 26–33].

Ниже приведена уточненная классификация видов физического эксперимента по указанным основаниям.

1. По месту эксперимента в структуре научного и научно-технического познания (его познавательной функции):

Н а у ч н о е п о з н а н и е

Эмпирический уровень:

- *на этапе сбора научных фактов:* накопление новых достоверных данных о явлениях природы и особенностях их протекания;
- *на этапе систематизации научных фактов:* проверка справедливости эмпирических классификаций физических явлений (объектов, процессов), уточнение классификаций;
- *на этапе обобщения научных фактов:* проверка справедливости выявленных эмпирических законов, уточнение границ их применимости;
- *на этапе объяснения и предсказания явлений:* проверка следствий эмпирических законов.

Теоретический уровень:

- на этапе формирования базиса теории: получение научных фактов (данных наблюдений, экспериментов), послуживших толчком для развития теории;
- на этапе выдвижения теоретических гипотез (построения теоретической модели исследуемого явления): качественная проверка гипотез и их следствий в модельном эксперименте (мысленном, компьютерном);
- на этапе получения выводного теоретического знания (следствий физической теории) на качественном или количественном уровне, т.е. обнаружение в эксперименте предсказываемых теорией:
 - новых объектов и их свойств,
 - новых процессов и их характеристик,
 - новых закономерностей протекания явлений (или уточнение известных закономерностей).

Н а у ч н о - т е х н и ч е с к о е п о з н а н и е

- на этапе моделирования технического объекта: создание его компьютерной и/или действующей модели, тестирование модели и исследование особенностей ее работы в модельном научно-техническом эксперименте (компьютерном, натурном);
- на этапе проектирования, создания и апробации действующего образца технического объекта: проведение натурального научно-технического эксперимента по испытанию действующего образца технического объекта.

2. По цели эксперимента и его конечному результату:

Н а у ч н о е п о з н а н и е :

- обнаружение новых физических явлений:
 - материальных объектов;
 - свойств материальных объектов;
 - движений (взаимодействий) объектов;
 - характеристик движений (взаимодействий) объектов;
- количественная оценка свойств объектов, включая определение фундаментальных констант;
 - количественная оценка характеристик движения (взаимодействия), включая определение фундаментальных констант;
- выявление связей (причинно-следственных, атрибутивных или структурных; динамических или вероятностных) между свойствами объектов, физическими характеристиками процессов:
 - качественный уровень (обнаружение связи, ее общих особенностей);
 - количественный уровень (установление численных отношений, функциональных зависимостей).

Научно-техническое познание:

- создание и исследование модели технического объекта (компьютерной, натурной);
- создание и испытание действующего образца технического объекта.

3. По используемым средствам проведения:

- натурный эксперимент с применением:
 - приборов, выпускаемых учебной промышленностью;
 - бытовых материалов, инструментов и приборов;
 - самодельных инструментов и приборов;
- натурный эксперимент с применением средств ИКТ:
 - инструментальных пакетов компьютерной обработки данных и представления результатов исследования в виртуальной среде (*компьютеризированный*);
 - датчиков для автоматической регистрации данных, программного обеспечения для их обработки, а также представления в виртуальной среде результатов экспериментального исследования (*частично автоматизированный*);
 - датчиков для автоматического мониторинга и регистрации данных, программного обеспечения для управления ходом эксперимента, обработки данных и представления результатов экспериментального исследования (*автоматизированный*);
 - автоматизированный эксперимент с функцией обратной связи и адаптации к изменяющимся условиям проведения опыта (*роботизированный*);
- компьютерный эксперимент (на основе интерактивных компьютерных моделей: физических явлений, идеализированных объектов теории, технических объектов и их систем):
 - тестирование или исследование «готовой» компьютерной модели;
 - создание авторской компьютерной модели, ее тестирование и исследование.

Процентное соотношений заданий указанных выше видов различно, что определяется особенностями содержания курса физики основной школы.

При работе с ресурсом у учащихся и учителя имеется возможность предварительного просмотра содержания заданий каждого вида (рис. 3). Ниже приведены примеры некоторых заданий модуля.

Задание 1.22.2. В момент появления молнии отметьте время в секундах и ждите того момента, когда услышите гром. Приняв скорость звука равной 340 м/с (для летних месяцев), определите расстояние от Вас до места грозового разряда – молнии (рис. 4) [8, с. 175].

Комментарий. Задание относится к учебной теме «Механические колебания и волны. Звук». Вычисление расстояния до молнии поможет определить, находится ли человек на безопасном от места грозового разряда расстоянии. Если расстояние мало, то нужно срочно найти укрытие. При наличии карты и компаса можно попробовать нанести на карту местоположение каждой вспышки молнии и провести линию в направлении движения грозового фронта. На этой линии следует отметить точки с указанием вычисленного расстояния до места грозового разряда. Данное задание можно выполнить с применением интернет-сервиса, предоставляющего возможность определения собственного местоположения на карте местности. Является возможным применение с этой целью мобильных устройств.

По месту эксперимента в структуре познания		
Учителю	Учащимся	Родителям
1.1. Сбор новых научных фактов 1.2. Проверка эмпирических классификаций физических явлений 1.3. Проверка эмпирических законов и/или их следствий 1.4. Модальный эксперимент 1.5. Подтверждение физических теорий и их следствий 1.6. Создание и исследование работы технических объектов	1.1 - 1.10 (механические явления) 1.11 - 1.22 (механические явления) 2.1 - 2.11 (тепловые явления) 3.1 - 3.10 (электромагнитные явления) 3.11 - 3.20 (электромагнитные явления) 4.1 - 4.4 (квантовые явления)	Относительность движения (1.1.3) Определение средней скорости движения (1.2.2) Зависимость количества шагов от времени (1.2.3) Наблюдение равноускоренного движения (1.3.1) Перемещение тела при равноускоренном движении (1.3.2) Изучение свободного падения Галилеем (1.4.1) Определение скорости при свободном падении (1.4.2) Определение начальной скорости (1.4.5) Определение ускорения свободного падения (1.4.6) Определение периода и частоты обращения (1.5.1) Определение плотности пробки (1.6.3) Определение массы тела (1.6.4) Правило сложения сил (1.7.1) Применение правила сложения сил (1.7.2) Монета в стакане (1.8.1) Опыт со спичками (1.8.2) Явление инерции (1.8.5)

Рис. 3. Просмотр в ресурсе «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» состава и содержания экспериментальных заданий

Задание 2.9.2. При изменении погоды чешуйки шишек ели меняют своё положение по отношению к центру шишки. На этом свойстве основано устройство гигрометра. Изготовьте гигрометр из еловой шишки. С этой целью укрепите ее на доске и к одной из чешуек прикрепите соломенный указатель, скользящий по шкале. Проверьте гигрометр в действии (рис. 5) [1, с. 273].

Комментарий. Задание относится к учебной теме «Влажность воздуха». Учащиеся создают простейший метеоприбор – «природный гигрометр», с помощью которого можно осуществлять оценку изменения влажности воздуха. Возможно создание на основе «природного гигрометра» автоматического технического устройства, последовательно фиксирующего данные с определенным интервалом времени и сигнализирующего о величине изменений влажности за заданный период, а также о значительных скачках влажности. Этого можно добиться с помощью применения датчиков и микроконтроллера из конструктора по робототехнике (например, LEGO MS EV3). С применением соответствующего программного обеспечения являются возможными передача и реализация автоматического вывода на экран монитора ПК графика изменения влажности среды с течением времени. Возможна градуировка «природного гигрометра» по эталонному прибору и указание численных значений верхнего и нижнего пределов его измерения.

Задание 3.4.3. Изучите видеофрагмент «Взаимодействие проводника с заряженной палочкой». Составьте план изложения материала по видеодемонстрации (Домашняя лаборатория по физике [Электронный ресурс]. – М.: ID COMPANY, 2010. – опт. диск (CD-ROM) (рис. 6).

Задание 1.22.2.

В момент появления молнии отметьте время в секундах и ждите того момента, когда услышите гром. Приняв скорость звука равной (для летних месяцев) 340 м/с, определите расстояние от Вас до молнии [6, с.175].



Инструктивные указания

Механические явления

Главная

Вид экспериментального задания

1.1. Сбор новых научных фактов
2.4. Исследование параметров движения (взаимодействия)
3.1.2. С бытовыми материалами, инструментами и приборами

Рис. 4. Задание 1.22.2

Учителю

Учащимся

Родителям

Задание 2.9.2.

При изменении погоды чешуйки шишек ели меняют своё положение по отношению к центру шишки. На этом свойстве и основано устройство гигрометра. С этой целью шишка укрепляется на доске и к одной из чешуек прикрепляется соломенный указатель, скользящий по шкале [41, с. 273].



Инструктивные указания

Тепловые явления

Главная

Вид экспериментального задания

1.6. Создание и исследование работы технических объектов
2.6. Проектирование и создание технических объектов
3.1.2. С бытовыми материалами, инструментами и приборами

Рис. 5. Задание 2.9.2

Комментарий. Задание является дополнительным и выполняется по выбору учащихся. Если такого электронного ресурса в личном пользовании нет, то школьники могут выполнить это задание во внеурочное время в компьютерном классе открытого доступа. Является возможной постановка подобного натурального опыта с применением домашних материалов. В случае затруднений в самостоятельном проектировании опыта можно воспользоваться видеоресурсами по электризации тел, представленными в Интернете (*опыт по электризации струи воды, летающая вата, «Электрический театр», фокусы по электризации»* и т.п.). Рекомендуется подготовить видеодемонстрацию реализованного варианта опыта по электризации тел и сопроводить ее аудиозаписью объяснения наблюдаемых эффектов. Возможна подготовка анимированной презентации (например, с помощью MS PP), иллюстрирующей применение элементов электронной теории строения вещества с целью объяснения явления электризации тел.

Задание 3.4.3 (по выбору)

Изучите видеофрагмент «Взаимодействие проводника с заряженной палочкой» [44] и составьте план изложения материала по видеодемонстрации.



Вид экспериментального задания
1.1. Сбор новых научных фактов
2.3. Обнаружение физического явления: движения (взаимодействия)
3.2.3. Натурный эксперимент с применением цифровых ресурсов

Инструктивные указания

Электромагнитные явления

Главная

Рис. 6. Задание 3.4.3

При выполнении домашних экспериментальных заданий на основе ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» учащиеся могут обращаться к работе с цифровыми иллюстрированными учебными текстами и просмотру видеороликов по содержанию физического и физико-технического экспериментов, изучать материал на основе анимации, работать с виртуальными моделями и тренажерами. Эти объекты виртуальной среды применяются как средства дидактической поддержки познавательной деятельности учащихся и помогают им лучше понять суть эксперимента как метода познания. Интерактивная составляющая виртуальных учебных объектов (если таковая имеется) может использоваться с целью формирования у учащихся экспериментальных умений (рис. 7, 8).

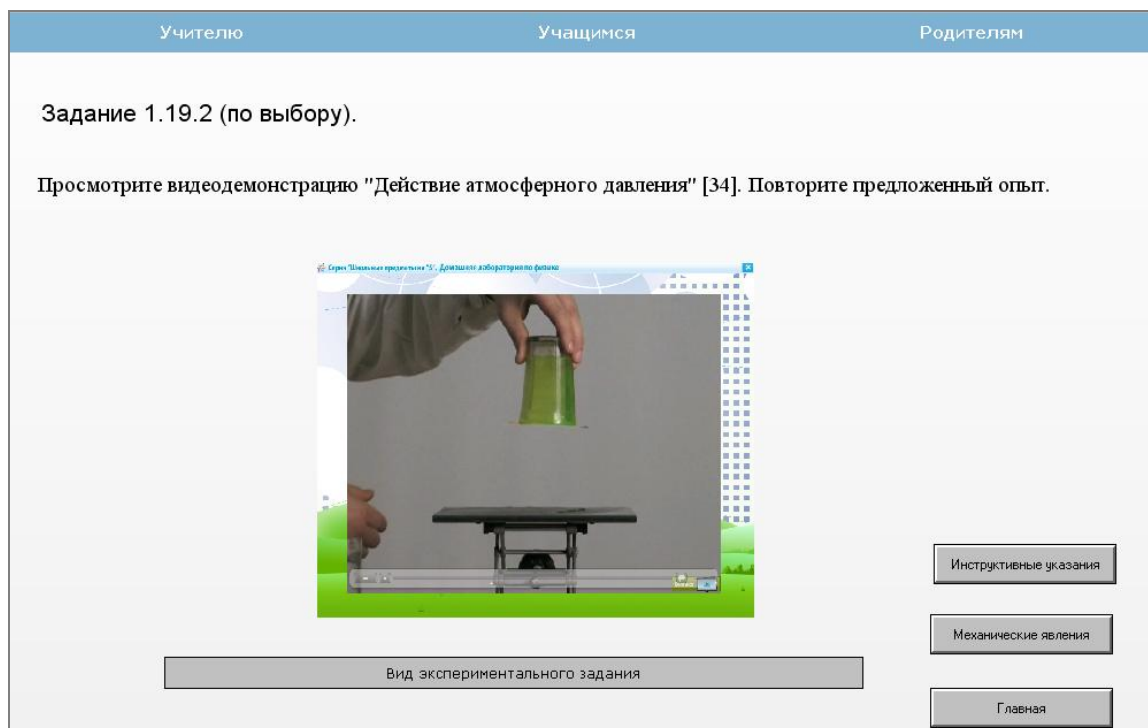


Рис. 7. Видеодемонстрация «Действие атмосферного давления» («Домашняя лаборатория по физике» [Электронный ресурс]. – М.: ID COMPANI, 2010 – опт. диск (CD-ROM)

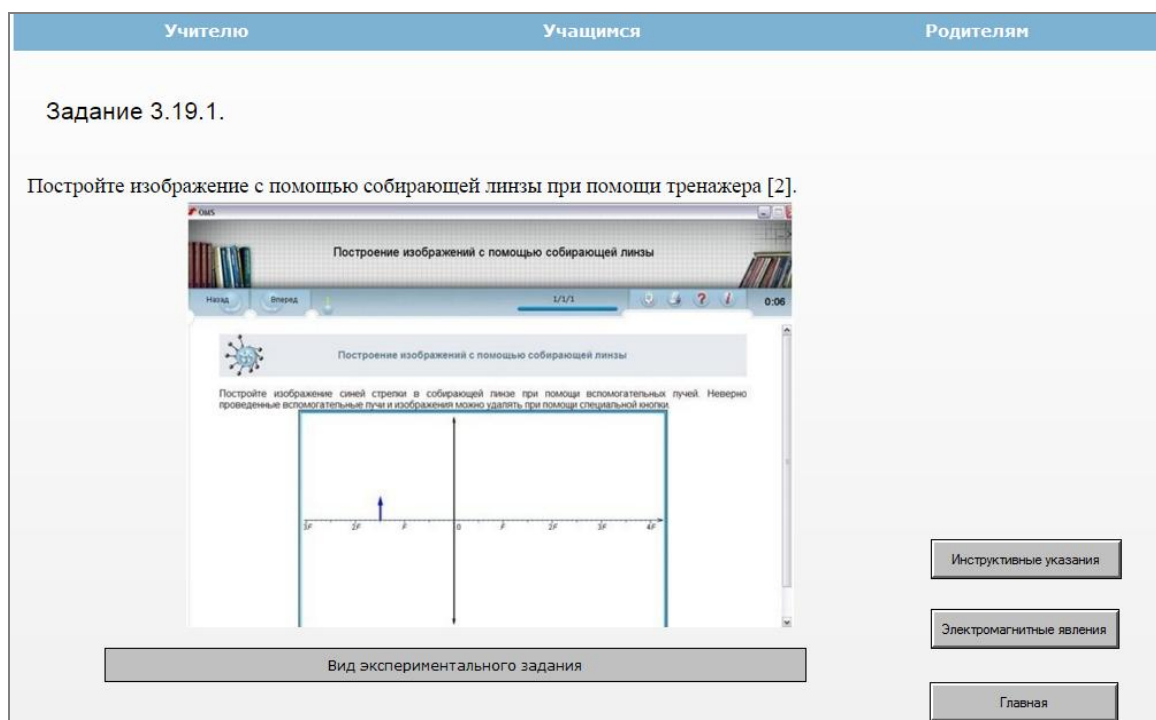


Рис. 8. Построение изображения с помощью собирающей линзы («Домашняя лаборатория по физике» [Электронный ресурс]. – М.: ID COMPANI, 2010 – опт. диск (CD-ROM)

Задания по работе с объектами виртуальной среды относятся в основном к заданиям по выбору учащихся. Выполнить такие задания могут школьники, имеющие в домашних усло-

виях соответствующие электронные ресурсы. В ряде заданий используются ресурсы открытого доступа глобальной информационной сети. В случае отсутствия доступа к ресурсам школьникам может быть предложена работа во внеурочное время в компьютерном классе. Ниже приведен перечень цифровых ресурсов, задания по работе с которыми включены в рассматриваемый модуль.

Перечень ресурсов на CD и DVD

1. Виртуальные лабораторные работы по физике. 7–9 классы [Электронный ресурс]. – М.: ЗАО «Новый Диск», 2007. – опт. диск (CD-ROM).
2. Интерактивные творческие задания. Физика 7–9 [Электронный ресурс]. – М.: Новый Диск, 2007. – опт. диск (CD-ROM).
3. Конструктор виртуальных экспериментов [Электронный ресурс]. – М.: Crocodile Clips, 2007. – опт. диск (CD-ROM).
4. Забавная наука (110 выпусков) [Электронный ресурс]. – М.: Торнадо ВИДЕО, 2009. – опт. диск (DVD-ROM).
5. Домашняя лаборатория по физике [Электронный ресурс]. – М.: ID COMPANI, 2010. – опт. диск (CD-ROM).
6. Физика. 7–9 классы. Учебные демонстрации по всему курсу физики основной школы [Электронный ресурс]. – М.: Мнемозина, 2012. – опт. диск (DVD -ROM).
7. Физический конструктор 2.0 [Электронный ресурс]. – М.: 1С, 2014. – опт. диск (CD-ROM).
8. Школа. Физика. Практикум. 7–11 классы [Электронный ресурс]. – М.: 1С, 2015. – опт. диск (CD-ROM).
9. Роботизированные лабораторные работы по физике. Пропедевтический курс физики [Электронный ресурс]. – М.: ДМК-Пресс, 2016. – опт. диск (DVD-ROM).

Перечень ресурсов Интернета

1. Единая коллекция Цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://school-collection.edu.ru>
2. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>
3. Виртуальная выставка «Саквояж занимательных опытов». Сеть творческих учителей [Электронный ресурс]. – URL: http://www.it-n.ru/communities.aspx?cat_no=5500&lib_no=284472&tmpl=lib
4. Занимательные научные опыты для детей. Психологический центр «Адалин» [Электронный ресурс]. – URL: http://adalin.mospsy.ru/l_01_00/l_01_10o.shtml
5. Уроки волшебства [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lmagic.info.html>
6. Занимательные видео опыты [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.afizika.ru/videoop>
7. Занимательные опыты детям [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.afizika.ru/zanimatelnieopyty>

8. Домашние опыты и эксперименты для детей, чудеса. Лунтики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://luntiki.ru/blog/paskras/1351.html>

9. Опыты и эксперименты с яйцом в домашних условиях. Ежка [Электронный ресурс]. – URL: <http://ejka.ru/blog/razvitie/742.html>

В рассматриваемом модуле перечень ресурсов и задания к ним являются пополняемыми.

В зависимости от избранного подхода к организации домашнего эксперимента (см. ниже модуль *«Вариативные практики организации домашнего физического эксперимента и методические рекомендации по их реализации»*) учитель имеет возможность создания различных подсистем домашних экспериментальных заданий из предложенного комплекса. Каждая подсистема строится по определенным принципам. Например, это может быть комплекс экспериментальных заданий:

- охватывающий все темы школьного курса физики (номер задания по каждой учебной теме),
- соответствующий отдельной учебной теме,
- включающий все видовое разнообразие учебного физического эксперимента,
- относящийся к отдельным видам физического эксперимента,
- комбинированного типа.

Выбор варианта построения подсистемы домашних экспериментальных заданий определяется целями обучения, этапом обучения, уровнем готовности обучаемого к самостоятельной учебной работе и развитием интереса к изучению физики и различным видам экспериментальной деятельности по предмету.

Модуль «Система дидактической поддержки познавательной деятельности учащихся». Система поддержки домашней работы школьников ориентирована на разные уровни их самостоятельности в выполнении экспериментальных заданий. Выделено четыре уровня самостоятельности. Это учебная работа:

- под руководством учителя и при его непосредственном участии в организации деятельности учащегося (индивидуальный подход в режиме как очных, так и дистанционных консультаций);
- на основе инструкции:
 - в ее полиграфической версии;
 - с применением мультимедиа форматов представления:
 - аудиоинструкции,
 - цифровой фотоинструкции с текстовым сопровождением (стиль комикса),
 - инструкции-анимации с текстовым и/или звуковым сопровождением (стиль интерактивного комикса),
 - инструкции-презентации с элементами анимации и звуковым сопровождением,
 - видеоинструкции с текстовым и/или звуковым сопровождением;
- без инструкции, но с применением подготовленного учителем творческого плана работы и возможностью консультаций с учителем по проектированию этапов работы (очных, дистанционных);

- без инструкции, но с возможностью обращения к консультативной помощи учителя (очной, дистанционной) с целью обсуждения идеи и разработанного учащимся плана выполнения экспериментального задания.

Инструктивные материалы модуля разработаны на основе обобщенных планов учебной деятельности. Это планы проведения наблюдения и эксперимента, действия измерения, построения и анализа графика функциональной зависимости, работы с виртуальной учебной моделью и др.) [11, 12]. Работа с инструкциями, подготовленными на основе таких планов, способствует формированию у учащихся обобщенных познавательных умений. Ниже в качестве примера приведена инструкция к самостоятельной работе учащихся с компьютерной моделью физического эксперимента.

Инструкция к работе с моделью
«Исследование параметров механического движения по окружности»
 (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов
 [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>)

Анализ модели

1. Рассмотрите составляющие интерфейса модели «Исследование параметров равномерного движения по окружности» (рис. 9).

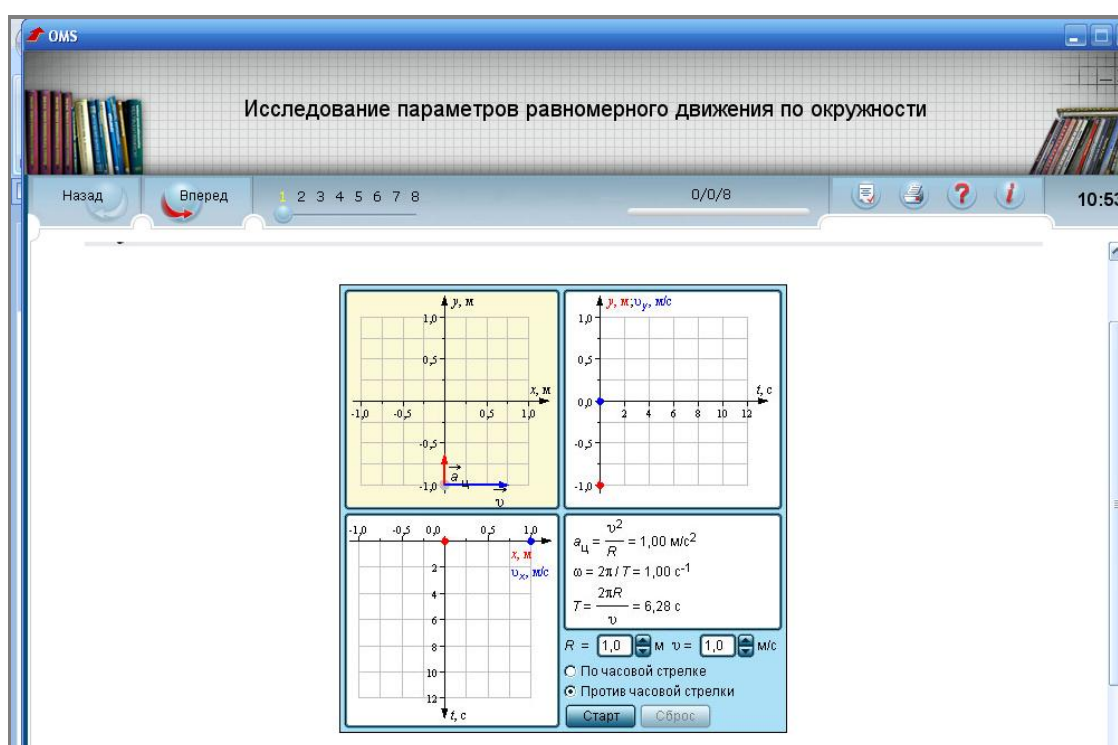


Рис. 9. Интерактивная модель «Исследование параметров механического движения по окружности» (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>)

В рабочем окне модели представлены координатные плоскости для отображения графиков движения тела по окружности в системах координат xOy , yOt и V_yOt , xOt и V_xOt .

Имеется возможность выбора в некотором интервале радиуса вращения тела и линейной скорости его движения по окружности. Можно задать направление вращения тела: «По часовой стрелке», «Против часовой стрелки». Активны клавиши «Старт» и «Сброс».

2. Можно изменять некоторые параметры модели:

- радиус окружности (от 0,5 до 1,0 м),
- линейную скорость движения тела по окружности (от 0,5 до 1,0 м/с).

Результаты виртуального эксперимента демонстрируются в виде:

- графиков движения тела в указанных выше системах координат (график в координатной плоскости yOz имеет красный цвет, а в плоскости $VyOz$ – синий; аналогичные цветовые маркеры используются для построения графиков на плоскостях, xOz и $VxOz$);
- значений *центростремительного ускорения, угловой скорости* движения и *периода вращения тела*.

3. Запустите модель. Произвольно меняйте параметры модели (радиус вращения и линейную скорость движения тела). Обратите внимание на соответствующие им изменения:

- графиков функциональных зависимостей в указанных координатных плоскостях (xOy , yOz и $VyOz$, xOz и $VxOz$);
- величины и направления вектора линейной скорости движения – синий маркер (см. координатную плоскость xOy);
- величины и направления вектора центростремительного ускорения – красный маркер (см. координатную плоскость xOy);
- величины проекций линейной скорости (V_x , V_y) на оси X и Y ;
- значений центростремительного ускорения, угловой скорости движения и периода вращения исследуемого тела.

Планирование и выполнение работы с моделью

4. Цель работы: выявить наличие (отсутствие) связи между величинами угловой скорости движения тела, периода вращения, центростремительного ускорения и значениями радиуса окружности, по которой движется тело, а также его линейной скорости.

5. Ход работы:

А. Первая серия экспериментов. Выяснить зависимость значений угловой скорости, центростремительного ускорения, периода вращения от радиуса окружности, по которой движется тело. Для этого необходимо:

- подготовить таблицу для записи результатов модельного эксперимента;
- последовательно менять значение радиуса вращения тела, линейную скорость движения тела по окружности при этом оставлять *постоянной*;
- фиксировать в таблице для каждого значения радиуса вращения тела величины угловой скорости, центростремительного ускорения и периода обращения;
- выполнить анализ данных первой серии модельного эксперимента, сформулировать выводы (*зависит ли значение угловой скорости, центростремительного ускорения и периода вращения тела от радиуса окружности*).

В. Вторая серия экспериментов. Выяснить связь значений угловой скорости, центростремительного ускорения, периода вращения тела и значения линейной скорости. Для этого необходимо:

- подготовить таблицу для записи результатов модельного эксперимента;
- последовательно менять значение линейной скорости движения тела, радиус вращения тела при этом оставлять *постоянным*;
- зафиксировать в таблице для каждого значения линейной скорости величины угловой скорости, центростремительного ускорения и периода обращения;
- выполнить анализ данных второй серии модельного эксперимента, сформулировать выводы (*зависит ли угловая скорость движения тела по окружности, его центростремительное ускорение и период обращения от линейной скорости движения тела по окружности*);

По итогам двух серий экспериментов указать:

- *как направлены при движении тела по окружности векторы его линейной скорости и центростремительного ускорения;*
- *по какому закону меняются координаты движения тела со временем при его движении по окружности?*

Представление результатов работы

6. Подготовить отчёт о работе с моделью в программе Microsoft Word. В отчете указать:

- цели модельного эксперимента,
- результаты эксперимента в виде таблиц и графиков функциональных зависимостей (особенности работы модели при различных параметрах можно зафиксировать с помощью клавиши «Print Scrin»),
- выводы по работе с моделью.

Важным преимуществом ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» как средства поддержки учебного процесса является и то, что школьник может сам выбирать вид и меру той помощи, которую он хотел бы получить при выполнении домашнего экспериментального задания. Это позволяет каждому учащемуся обучаться на приемлемом для него уровне трудности. Разные виды инструкций, представленные в данном модуле ресурса, помогают осуществлять обучение как слабовидящих учащихся (например, через аудиоинструкции), так и слабослышащих (например, с помощью инструктивных видеоматериалов).

Справочно-методологический модуль. В данном модуле представлены учебные материалы по методологии физического эксперимента. Это учебные тексты, опорные конспекты, систематизирующие таблицы и схемы, в которых дается информация о методах научного познания, раскрывается содержание научного опыта как одного из таких методов, дается характеристика основных этапов проведения наблюдений и экспериментов. В подготовке учебных материалов данного модуля использовались работы одного из соавторов настоящей статьи [11; 12; 13; 14]. Фрагмент справочно-методологического модуля «Цикл познания на эмпирическом уровне научного исследования» представлен на рис. 10.

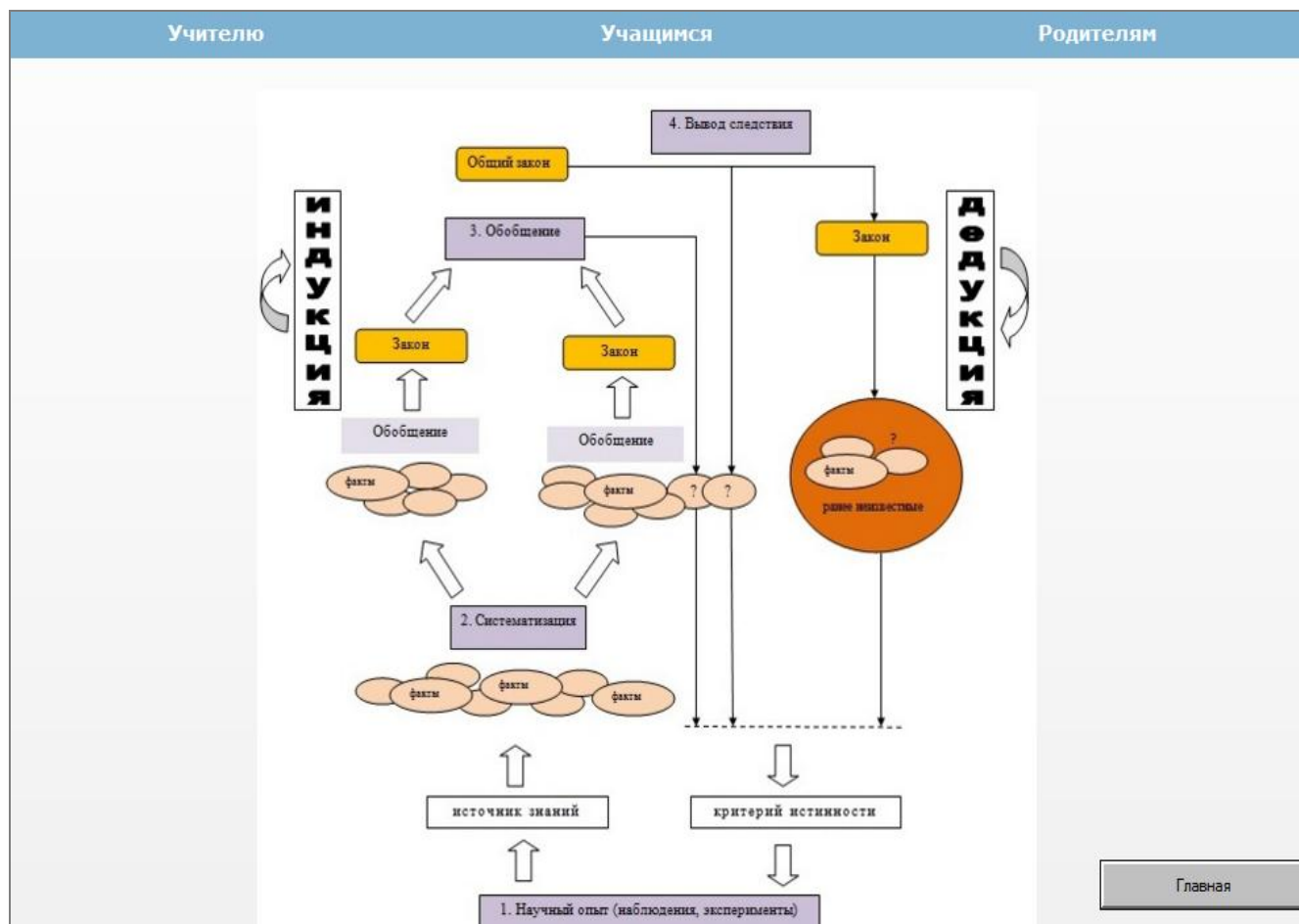


Рис. 10. Фрагмент справочно-методологического модуля
«Цикл познания на эмпирическом уровне научного исследования» [13]

Важным источником информации, с которым учащиеся должны работать при выполнении экспериментальных заданий, является учебная книга. В модуле приведены рекомендации по работе с книгой (полиграфической, электронной) и ее составляющими (текстом, рисунками, таблицами, графиками и пр.). Учебные материалы ориентированы на формирование у учащихся обобщенных подходов к работе с элементами учебной книги [13; 14].

Систематическое обращение к содержанию справочно-методологического модуля обеспечивает формирование у учащихся необходимых представлений о физическом эксперименте как методе познания и его роли в науке. У них формируется умение сознательно пользоваться данной информацией при выполнении различных экспериментальных действий (при формулировке гипотезы эксперимента, определении условий его проведения, анализе экспериментальной установки и определении назначения ее отдельных частей, выборе способов фиксации данных и их обработки, формулировке выводов и др.).

Модуль «Информационные источники». В данном модуле представлены три раздела: «Библиотека», «Медiateка», «Игротека».

«Библиотека». В данном разделе представлены: книги, журналы, рисунки, фотоснимки, аудио- и видеоресурсы, анимации, компьютерные модели, презентации (рис. 11). В ряде случа-

ев имеются гиперссылки на сайты Интернета, на которых размещены данные ресурсы. Ресурсы библиотеки предназначены для самообразования учащихся.

«Медиатека». В этом разделе приведен перечень цифровых образовательных ресурсов по физике, включающих материалы по физическому эксперименту (рис. 12). Эти ресурсы могут быть представлены в школьной медиатеке, школьном кабинете физике, компьютерном классе открытого доступа. Некоторые из них можно найти на образовательных порталах и сайтах Интернета. В ряде случаев данные ресурсы могут быть приобретены учащимися в торговой сети, в том числе через интернет-магазины.

Для полноценной и систематической работы учащихся над домашними экспериментальными заданиями школой должны быть обязательно приобретен необходимый комплекс CD и DVD-ресурсов, включающих материалы по физическому эксперименту.



Рис. 11. Модуль «Информационные источники», раздел «Библиотека»

«Игротека». Эффективность применения в обучении игровых элементов неоднократно доказана в педагогической практике. Поскольку эксперимент является одним из непростых видов познавательной деятельности и далеко не всегда интересен учащимся, целесообразно использовать мотивационный фактор учебной игры с целью привлечения внимания школьников к работе над экспериментальными заданиями.



Рис. 12. Модуль «Информационные источники», раздел «Медитека»

Игротека ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» представляет собой совокупность физических игр по теории и практике постановки физического эксперимента. Это пополняемый раздел ЦОР. Формирование его содержания осуществляется в соответствии с учебными темами курса физики основной школы.

Отбор и проектирование игровых заданий для модуля осуществлялись с учетом классификации учебных игр. Определены их три видовые группы, включающие:

- процессуально-имитационные игры (ролевые, деловые);
- игры с использованием специальных объектов, включая объекты и инструменты игровой виртуальной среды;
- смешанные игры [14, с. 130].

Рассмотрим примеры игр различных видов, содержательной основой которых является учебный физический эксперимент.

К первой видовой группе относится игра «Новое техническое решение». Для проведения этой игры класс делится на пять групп, в каждой из которых определяются докладчик, экспериментатор, оппонент, составитель бланка-заказа, член патентного бюро [9, с. 102–105]. Группам предлагаются к выполнению творческие экспериментальные проекты, например:

- придумайте конструкцию прибора, с помощью которого можно измерить глубину погружения тела в жидкость;
- найдите способ подъема кораблей, лежащих в глубоком слое ила;
- разработайте способ откачивания воды из аквариума;

- предложите способ обеспечения длительного нахождения человека под водой без специальных дыхательных аппаратов;
- разработайте прибор, иллюстрирующий физические принципы работы подводной лодки.

Это игра-соревнование. На поиск решения и его презентацию отводится определенное время. Команды получают бонусы и штрафные очки за нарушение регламента данного интеллектуального состязания, а также за верные и ошибочные ответы на вопросы экспертной комиссии. Игра завершается определением победителей. Наиболее удачные проекты могут быть размещены впоследствии в игротекке ЦОР в качестве учебных заданий.

В рамках данной видовой группы в игротекку включены еще три игры, разработанные авторами настоящей статьи. Это игры по методологии эксперимента и содержанию различных физических опытов на основе сценарных идей популярных развлекательно-образовательных программ «Блеф-клуб», «Сто к одному», «Своя игра». Разработка игровых ситуаций выполнена с использованием мастера презентаций Microsoft Office PowerPoint.

Ко второй видовой группе можно отнести такие классические дидактические игры как физическое лото, физическое домино, физический гусек и др. [9]. Возможно проведение игровых состязаний по сборке экспериментальных установок. Могут быть реализованы виртуальные версии таких состязаний. Это удобно сделать на основе цифровых конструкторов по физике.

Еще одним примером игровых заданий данной группы являются задания по отгадыванию кроссвордов. Для создания кроссвордов в виртуальной среде будет полезной программа CrosswordCreator (<http://crosswordcreator.homacosoft.com/>) (рис. 13, 14). Учащиеся могут работать с кроссвордами, подготовленными учителем. Целесообразно привлекать школьников к самостоятельной работе по их составлению (в печатной или цифровой версиях). Может быть объявлен конкурс на лучший кроссворд.

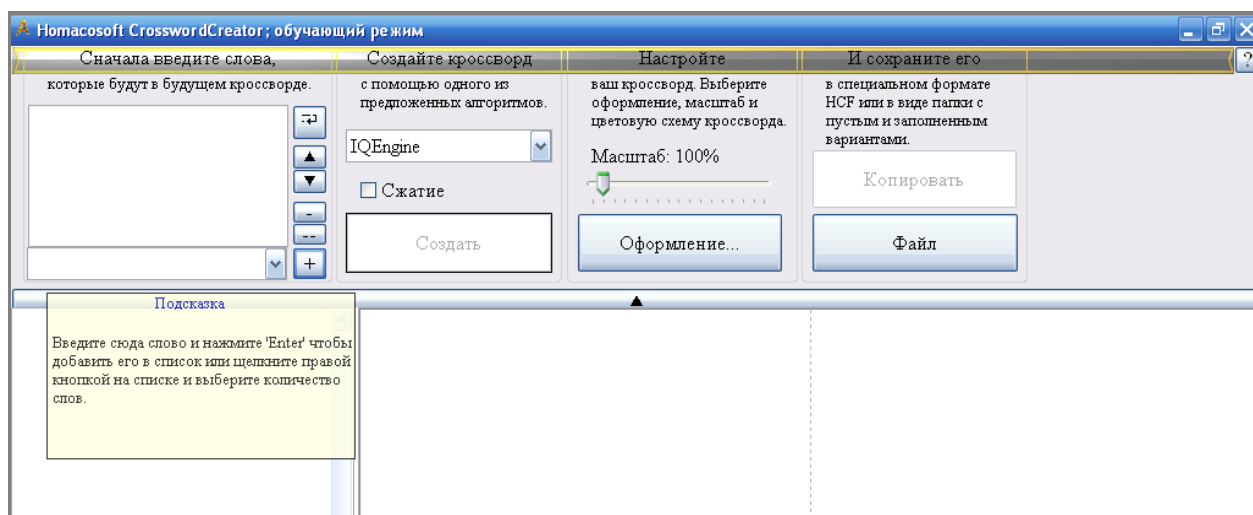


Рис. 13. Рабочее поле программы CrosswordCreator (URL: <http://crosswordcreator.homacosoft.com/>)

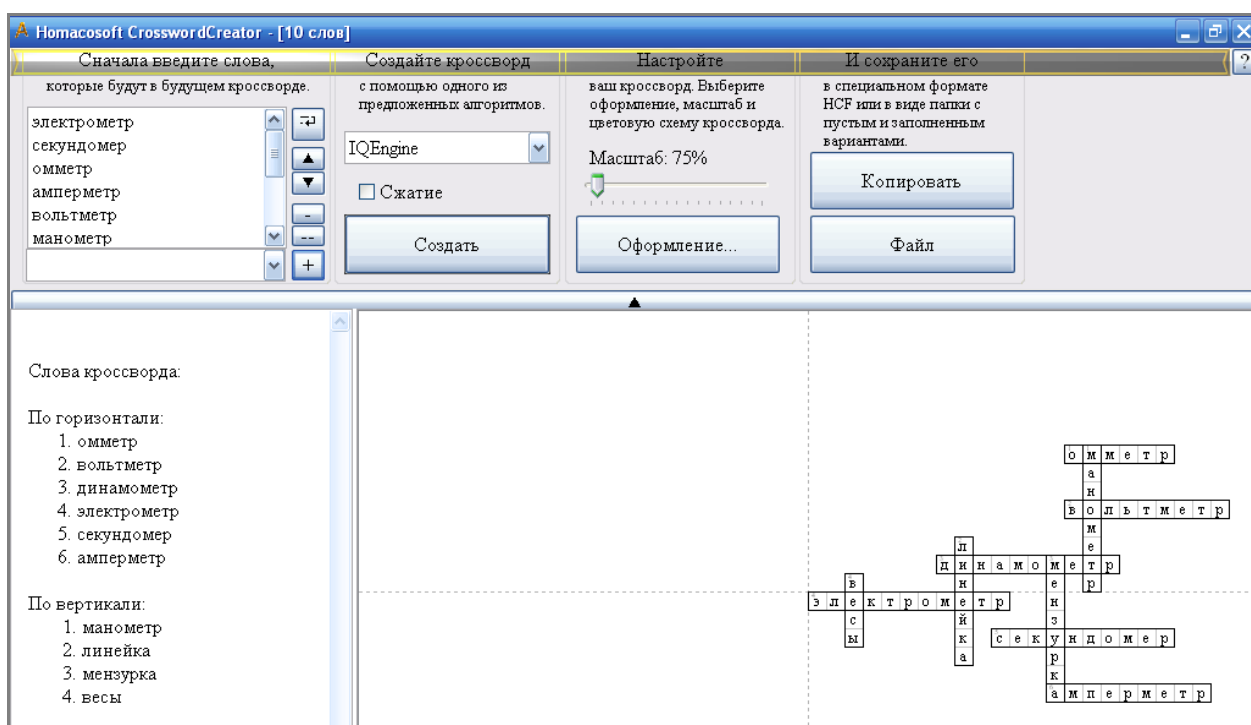


Рис. 14. Создание кроссворда в программе CrosswordCreator [Там же]

Интересные и полезные для учащихся дидактические игры по содержанию учебного физического эксперимента и методологии его постановки с применением виртуальных объектов можно создавать с помощью специальных онлайн-сервисов (например, BrainFlips, ProProfs, Classtools.net, PurposeGames, StudyStack, LearningApps и др.). Несмотря на то что большинство таких сервисов – англоязычные, это не является большим препятствием в их освоении как учителем, так и учащимися. С применением данных сервисов можно создавать не только кроссворды, но и тесты различных типов, викторины, красочно иллюстрированные цифровые дидактические карточки и др. Подготовленные с помощью данных онлайн-сервисов экспериментальные задания позволяют моделировать в виртуальной среде различные игровые ситуации.

Примером игры третьей видовой группы является игра «Физика дома». Суть данной игры состоит в следующем. Имеется игровое поле с иллюстрациями, изображающими различные физические явления, с которыми учащиеся часто встречаются в повседневной жизни. Участники игры спешат к финишу. На пути они встречаются много трудностей и преград в виде иллюстраций различных физических явлений. Требуется объяснить суть этих явлений, указать законы, которым они подчиняются, раскрыть содержание опыта, подтверждающего данный закон, и продемонстрировать знание способов его применения на практике [9, с. 53–57]. Такую игру целесообразно проводить по завершении изучения учебной темы. Игра проводится в классе. На экран выводится проекция карты игры (рис. 15). В качестве фишек используются керамические магниты разного цвета. Игра организуется в виде соревнования между командами. Представители команд поочередно бросают кубик и передвигают фишки в соответствии с количеством выпавших очков. Если фишка попала на красный или синий кружок, члены команды должны составить рассказ к соответствующей иллюстрации физического явления. Побеждает та команда, участники которой, верно отвечая на все вопросы, первыми доберутся до финиша.

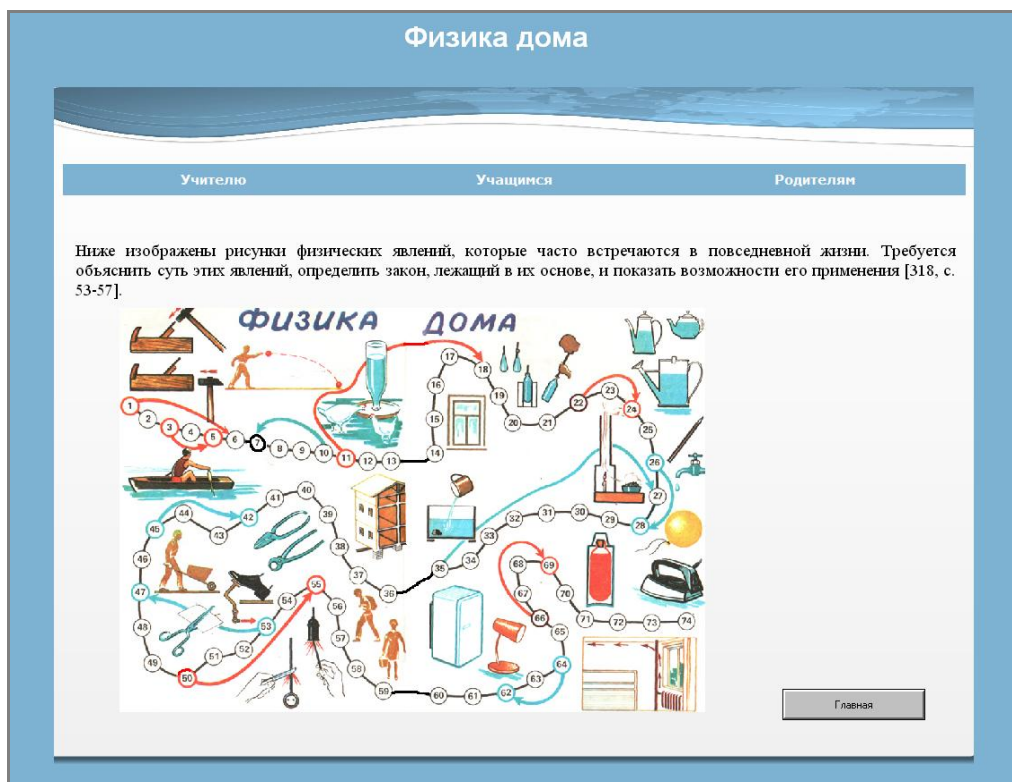


Рис. 15. Дидактическая игра «Физика дома» [9]

Игра «Физика дома» может быть разработана в электронном варианте как программно управляемый тренажер. К такой разработке можно привлечь учащихся, увлекающихся программированием.

Игротека ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» на настоящем этапе ее разработки включает около десятка учебных игр.

Модуль «Инструменты». Виртуальная среда – это не только хранилище, но и инструментарий учебной работы современного школьника. При разработке ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» была учтена эта особенность данной среды. К инструментам относится стандартное и специальное программное обеспечение, которое учащиеся могут использовать для сбора и обработки опытных данных, а также для представления итоговых результатов самостоятельной работы над заданиями.

Так, например, при проведении экспериментальных исследований физических закономерностей и выполнении трудоемких математических вычислений учащиеся должны научиться пользоваться математическим пакетом MS Excel. Данный инструмент школьникам предлагается применять, в частности, при выполнении задания 3.8.2 (рис. 16) с целью построения графика расхода электрической энергии (кВт·ч) в жилой квартире в течение заданного временного периода (например, в течение недели).

Для работы над экспериментальными заданиями по теме «Механические явления» будет полезным использование программы перевода значений скорости движения объектов, выраженной в км/час, в другие метрические единицы (см. задание 1.2.2, рис. 17). Кстати, полезно предложить учащимся, увлекающимся программированием, выполнить критическую оценку данного программного приложения и разработать самим подобную программу с обновленным интер-

фейсом и расширенным перечнем метрических систем, а также включением в базу данных ресурса внесистемных единиц измерения скорости.

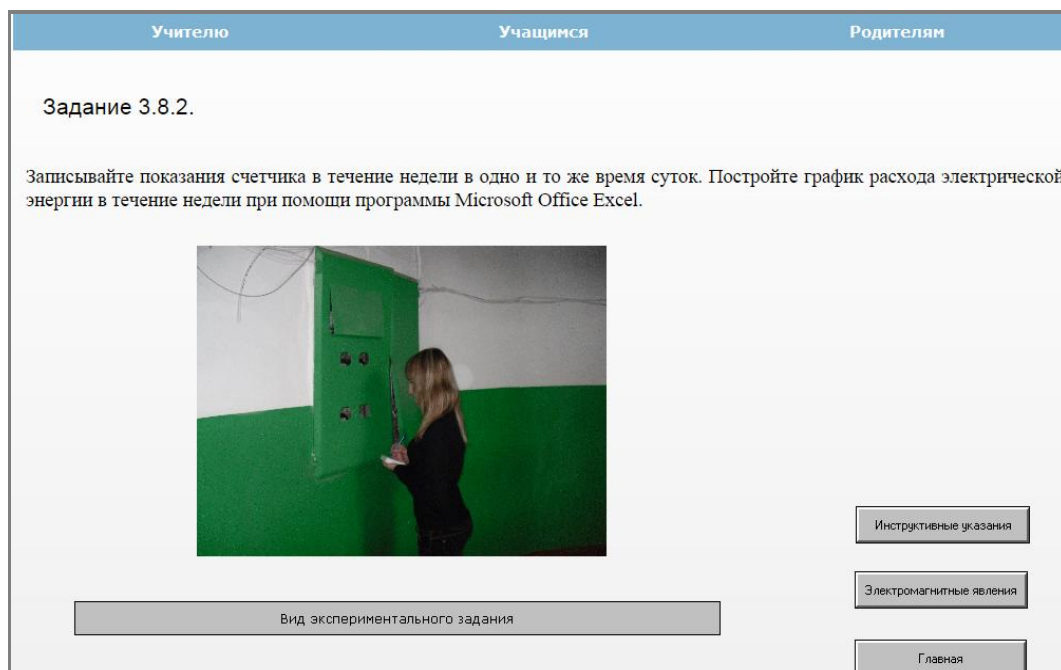


Рис. 16. Задание 3.8.2 (задание разработано С.Ф. Покровским [15, с. 379] и частично модифицировано)

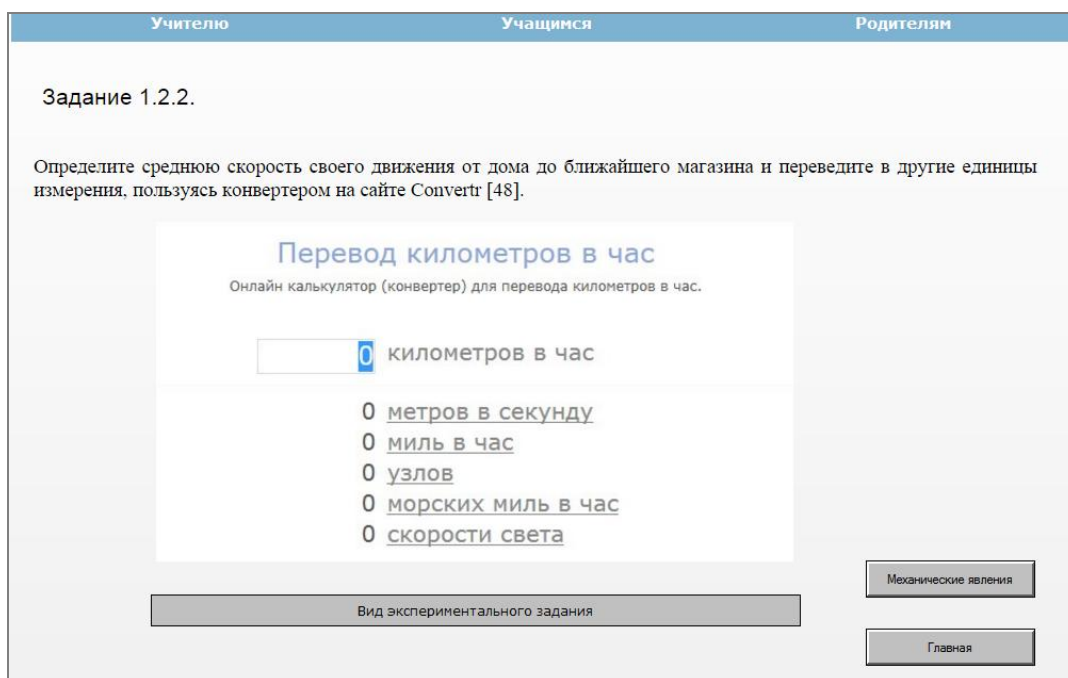


Рис. 17. Программа перевода значений скорости движения объектов, объектов, выраженной в км/час, в другие метрические единицы (URL: http://convertr.ru/speed/kilometres_per_hour/)

В модуле даны ссылки на оригинальные свободно распространяемые инструментальные программы, которые могут быть использованы учащимися в домашнем эксперименте. На рис. 18 приведен пример одной из таких программ.

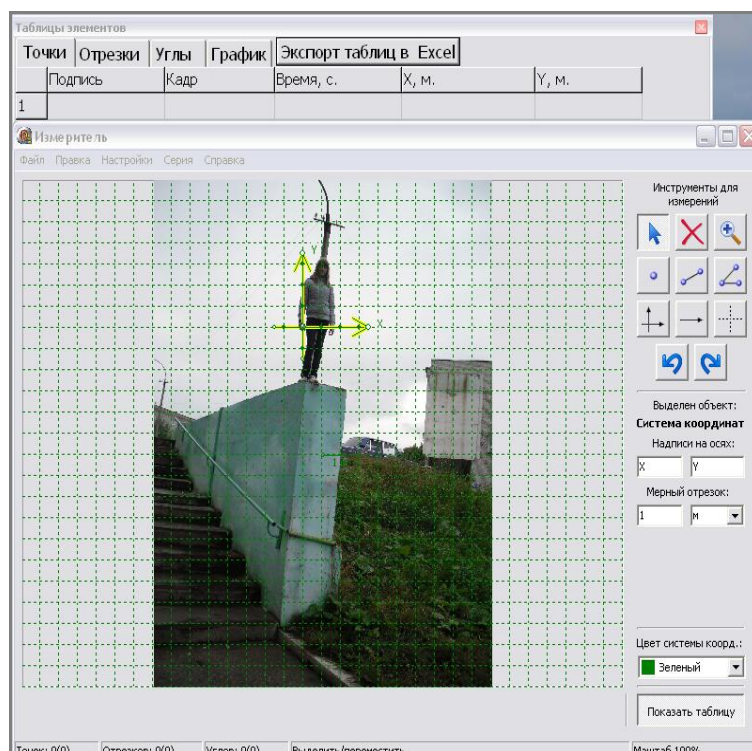


Рис. 18. Программа «Измеритель»

(URL: <http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/36982276-f7af-4e4b-a39f-814e88af8855/109473/>)

К инструментам учебной деятельности относятся конструкторы физического эксперимента (рис. 19), а также среды для компьютерного моделирования.

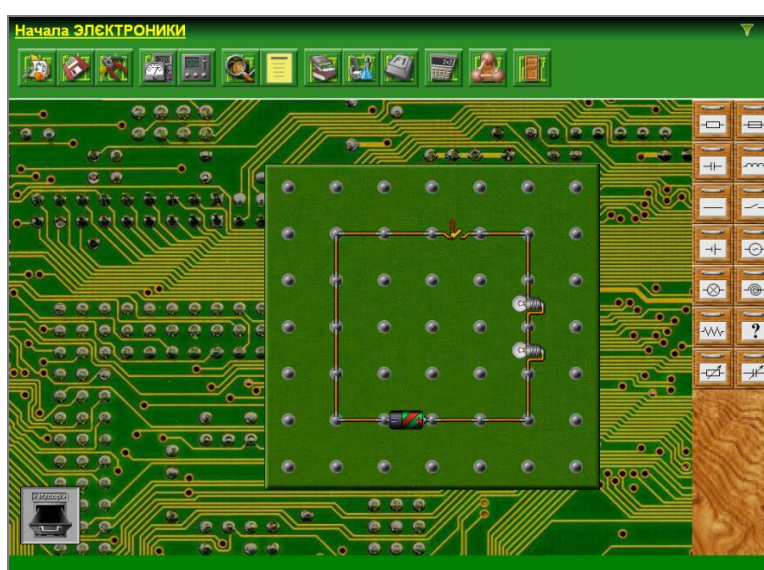


Рис. 19. Конструктор «Начала электроники» (URL: <http://zeus.malishich.com/>)

Если речь идет исключительно о компьютерном эксперименте, то учащиеся имеют возможность работать с такими объектами виртуальной среды, как компьютерные модели. Это модели физических явлений и экспериментальных установок для их исследования, а также модели идеализированных объектов физических теорий. Ниже приведен пример задания с применением такого инструмента (рис. 20).

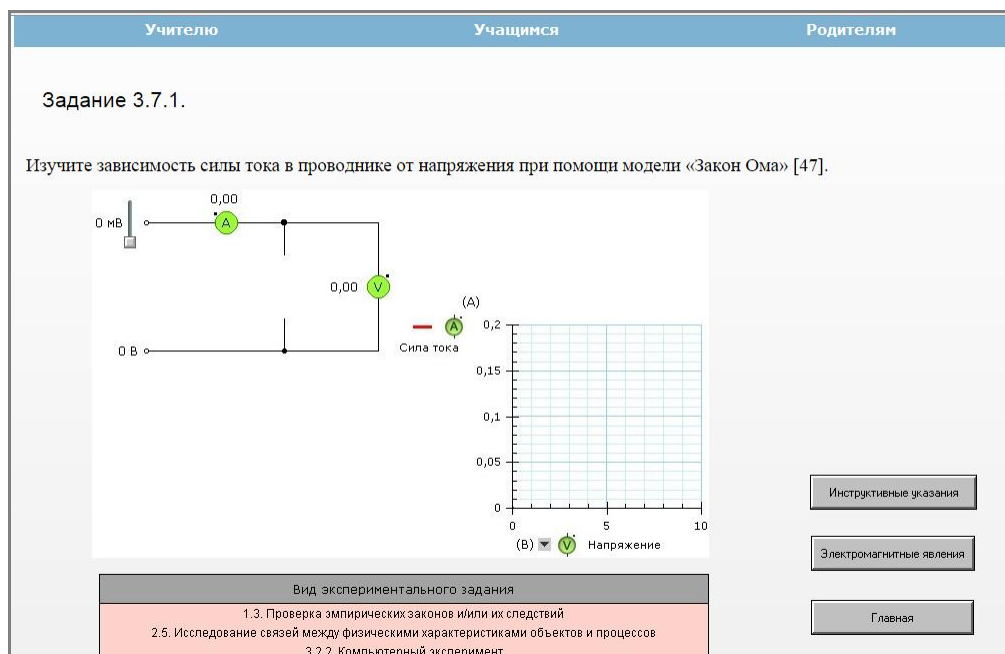


Рис. 20. Задание 3.7.1. Изучение зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах при помощи модели «Закон Ома» (Конструктор виртуальных экспериментов [Электронный ресурс]. – М.: Crocodile Clips, 2007)

Результаты выполнения заданий школьники могут представлять с помощью мастера презентаций MS PP, Flash-презентаций, а также с помощью различных online-сервисов. Выбор инструмента является свободным и определяется уровнем подготовки учащихся в области использования информационных технологий.

Модуль «Сервисы». В ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» включены сервисы накопления и коммуникаций. Сервис накопления позволяет обновлять и дополнять настоящий ресурс. Для обеспечения коммуникаций рекомендуются к применению социальные сетевые сервисы («Мой мир», «Одноклассники», «ВКонтакте», «Telegram» и др.). Можно использовать в качестве инструмента коммуникаций электронную почту и службы мгновенных сообщений.

В социальной сети учащиеся могут размещать фотографии и видеоролики физических экспериментов, проведенных в домашних условиях. Это позволяет учителю осуществлять удалённый контроль выполнения экспериментальных заданий (индивидуальных, групповых). У учителя имеется возможность организовывать работу учащихся с помощью микроблогов: направлять их деятельность на основе своих комментариев, отвечать на возникающие вопросы, консультировать по содержанию и технике проведения домашнего физического эксперимента, осуществлять мониторинг учебной деятельности (по приведенным комментариям учащихся).

Сервисы позволяют оперативно оповещать учащихся и их родителей об изменениях в учебном процессе.

В ресурсе даны рекомендации учащимся по работе с различными сервисами (рис. 21).

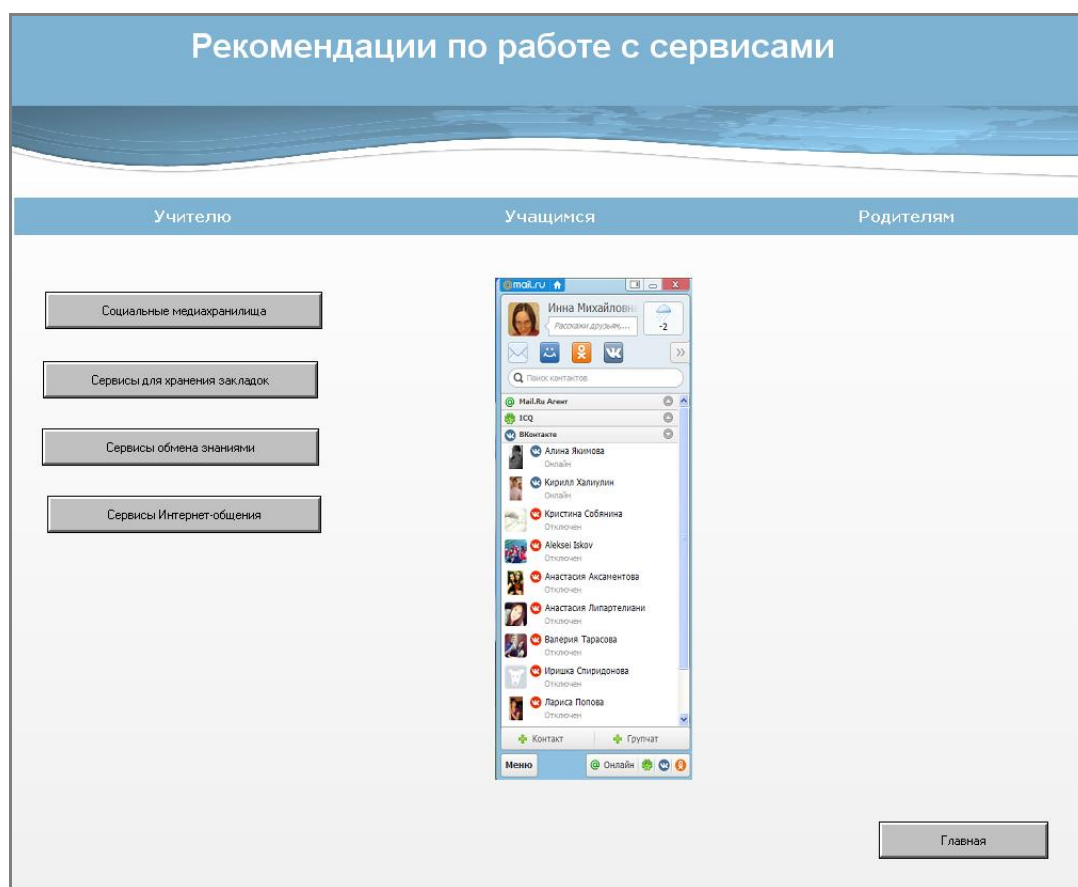


Рис. 21. Рекомендации по работе с сервисами

Модуль «Портфолио». Портфолио – это форма аутентичного оценивания образовательных результатов по продукту, созданному учащимся в ходе учебной, творческой, социальной и других видов деятельности. В ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» представлены рекомендации по построению различных моделей портфолио и их использованию в учебном процессе основной и полной средней школы. Дана характеристика основных типов портфолио:

- «Портфолио документов» – портфель сертифицированных (документированных) индивидуальных образовательных достижений;
- «Портфолио работ» – собрание творческих, проектных, исследовательских работ учащегося; описание основных форм и направлений его учебной и творческой активности (участие в научных конференциях, конкурсах, учебных лагерях, прохождение элективных курсов и различного рода практик, результаты спортивных достижений и др.);
- «Портфолио отзывов» – оценка школьником своих достижений, проведенный им анализ различных видов учебной и внеучебной деятельности и ее результатов, резюме, планиро-

вание будущих этапов образовательной работы, а также отзывы, представленные учителями, родителями, одноклассниками, работниками системы дополнительного образования и др. [21].

В случае контроля результатов работы учащихся над домашними экспериментальными заданиями, с нашей точки зрения, наиболее эффективным является применение портфолио в форме сетевого дневника экспериментатора (рис. 22).

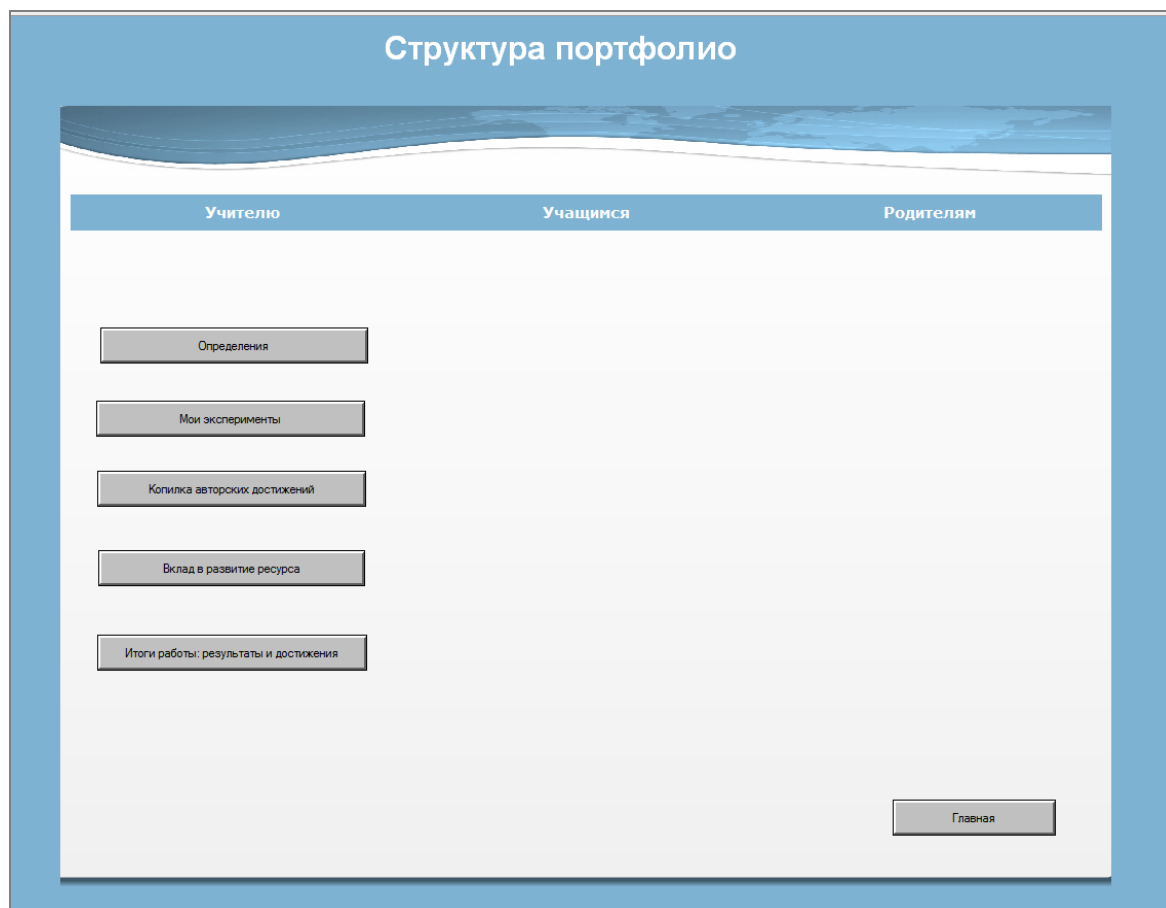


Рис. 22. Структура портфолио учащегося в ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы»

Структура такого портфолио включает следующие элементы:

- «*Определения*» (основные определения физических понятий и терминов);
- «*Мои эксперименты*» (перечень выполненных домашних экспериментов и отчёты по результатам экспериментальной работы);
- «*Копилка авторских достижений*» (авторские фотоснимки и видеозаписи экспериментов, выполненные в домашних условиях; авторские анимации и модели, видеодоклады, тезисы докладов и презентации, их сопровождающие, и др.);
- «*Вклад в развитие ресурса*» (разработанные учащимися новые элементы ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7-9 классы», отобранные учителем и включенные в данный ресурс);
- «*Итоги работы по курсу: результаты и достижения*».

Содержание портфолио по домашнему физическому эксперименту может служить весомым дополнительным основанием для аттестации учащегося по предмету за учебную четверть, полугодие или год.

Модуль «Вариативные практики обучения и методические рекомендации». Цифровой образовательный ресурс «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» может быть успешно использован в рамках различных практик организации домашней экспериментальной работы учащихся. Данный ресурс применим в учебном процессе в качестве средства поддержки:

1) текущей домашней работы, а также домашней работы при подготовке к промежуточной и итоговой аттестации;

2) физических практикумов (экспериментальных практикумов в школьной лаборатории и домашнего экспериментального практикума), в том числе реализуемых в статусе курсов по выбору;

3) индивидуального обучения в условиях:

- экстерната,
- инклюзивного образования,
- образования долго болеющих детей,
- самообразования (рис. 24).

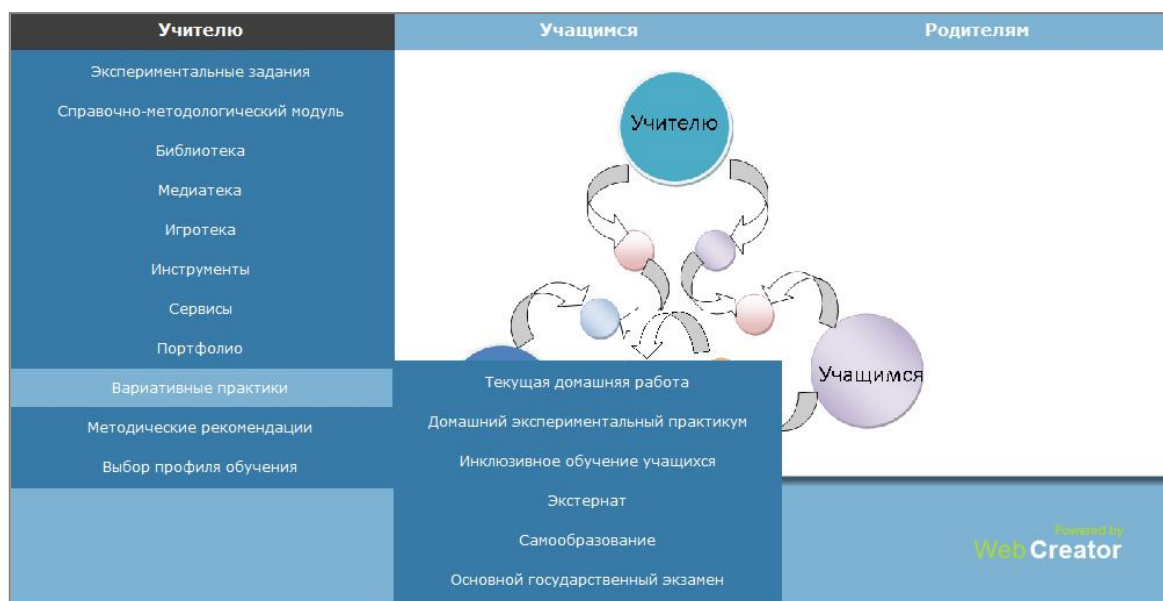


Рис. 24. Вариативные практики обучения

Учитель может выбрать необходимую для реализации практику работы школьников над домашними экспериментальными заданиями. В соответствии с избранной практикой обучения формируется комплекс экспериментальных заданий, определяются их объем и сложность, режим работы и форма аттестации учащихся.

В данном модуле представлены рекомендации учителю и родителям, в которых отражены особенности каждой из возможных практик организации домашнего физического эксперимента.

Модуль «Рекомендации учащимся по выбору профиля обучения». Содержание данного модуля направлено на решение следующих задач:

- знакомство учащихся с наиболее распространенными областями профессиональной деятельности, требующими естественнонаучного образования; содействие профессиональному самоопределению учащихся;
- информирование о требованиях, предъявляемых к учащимся при выборе физико-математического профиля;
- определение склонности к обучению по избранному профилю.

Модуль включает в себя следующие разделы: «Мир профессий» (описание профессий, требующих знания физики как учебной дисциплины), «Профили обучения» (характеристика профилей обучения в старшей школе), «Познай самого себя» (тесты по изучению склонностей учащихся) (рис. 25).

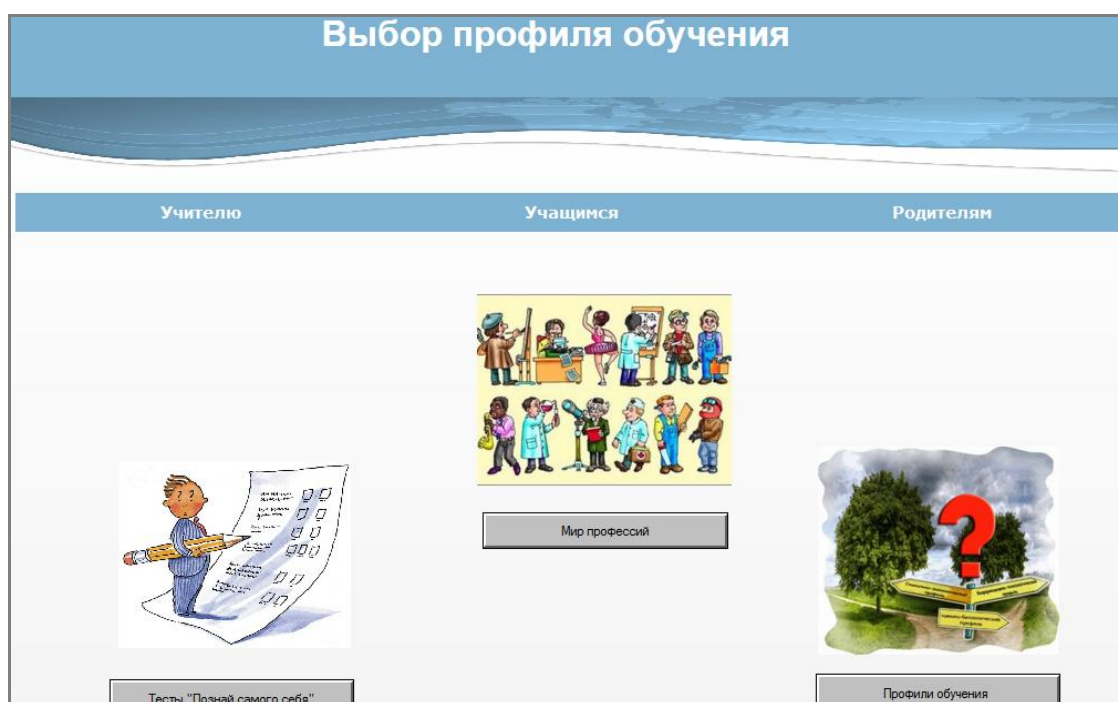


Рис. 25. Рекомендации учащимся по выбору профиля обучения

Представленные выше состав и содержание модулей цифрового образовательного ресурса «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» обеспечивают необходимые условия успешной работы учащихся по проведению физического эксперимента в домашних условиях. Содержание учебных заданий, разнообразие их видов и инструментов выполнения стимулируют познавательную активность учащихся и способствуют развитию у них интереса к изучению физики. Интерес к предмету – основа формирования готовности выпускников основной школы к выбору профильного уровня его изучения в старших классах.

Определим основные характеристики виртуальной среды ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы», которые способствуют формированию готовности учащихся к выбору профильного уровня обучения физике при их переходе в старшую школу.

1. Виртуальная среда ЦОР является источником учебной информации по организации домашнего физического эксперимента. В ней представлены домашняя экспериментальная лабо-

ратория по физике, учебная книга, среда учебной коммуникации, учебная игровая среда. Материал в ресурсе структурирован по учебным темам курса физики основной школы. Реализована модульная структура построения ЦОР. Имеет место нелинейный характер подачи материала. С помощью гиперссылок учащиеся могут оперативно обращаться к любому модулю ресурса и оперативно использовать в работе необходимые им учебные материалы.

2. Основное назначение виртуальной среды ЦОР – дидактическая поддержка самостоятельной работы учащихся по подготовке и проведению домашнего физического эксперимента. Информационная составляющая дидактических материалов направлена на обеспечение формирования у учащихся представлений об эксперименте как методе познания и его взаимосвязи с другими методами. В ресурсе представлены задания разных видов, что позволяет учащимся составить о данном научном методе весьма полное представление. Содержание инструктивных материалов ориентировано на формирование у школьников обобщенных умений в подготовке и проведении физического эксперимента.

3. В системе домашних экспериментальных заданий реализован принцип избыточности. Это помогает учителю при проектировании обучения учитывать интересы и склонности учащихся, оснащение школьного кабинета физики и школьной медиатеки, а также состав приборов и материалов, образовательных наборов по конструированию, цифровых ресурсов, аппаратной компьютерной техники, которыми располагают учащиеся в домашних условиях.

4. Инструментарий виртуальной среды ресурса позволяет автоматизировать нетворческие, рутинные операции поиска необходимой информации и математической обработки экспериментальных данных, что способствует высвобождению у учащихся времени для анализа сущности изучаемых явлений, установления связи между ними, осознанию сути их объяснения с позиций современного физического знания.

5. С помощью данного ресурса обеспечиваются необходимые и достаточные условия реализации вариативности практик освоения учебного физического эксперимента. В рамках каждой практики в необходимом объеме используются те или иные составляющие ресурса. Школьникам на основе оценки собственных возможностей и познавательных предпочтений из множества вариантов построения обучения предоставляется возможность выбора индивидуальной образовательной траектории освоения учебного физического эксперимента как метода познания.

Организация физического эксперимента с применением комплексной виртуальной образовательной среды «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» способствует формированию интереса учащихся к изучению физики и успешности освоения данного курса, что имеет в качестве своего закономерного следствия становление готовности учащихся к выбору профильного уровня его изучения в старших классах. Для достижения данного результата необходимо соблюдение определенных условий обучения. Важно организовывать работу учащихся над домашними экспериментальными заданиями с учетом механизма формирования готовности как психического феномена. В структуре данного механизма представлены следующие элементы: мотивация, ориентирование, исполнение, контроль и оценка результатов деятельности, самоопределение и выбор.

Мотивация. Положительная мотивация к изучению физики – ключевой фактор формирования готовности к продолжению обучения в данной области знания. Наиболее действенными в учебном процессе являются познавательные мотивы, мотивация самоутверждения, широкие

социальные и профессиональные мотивы. В таблице показаны основные приемы формирования этих видов мотивации.

Таблица

Формирование мотивации к выбору профиля обучения при организации домашней работы учащихся по выполнению экспериментальных заданий

<i>Виды мотивации</i>	<i>Приемы формирования мотивации к продолжению обучения в предпочитаемой области знания</i>
1	2
Познавательные мотивы	Формирование познавательного интереса к изучению физики на основе: • разнообразия физических опытов по цели и технологиям постановки; • освоения современного инструментария подготовки и проведения опытов; • проведения наблюдений и экспериментов контекстного содержания, расширяющих представления учащихся о практическом применении знаний по физике в повседневной жизни и технике; • использования в учебной практике интересных домашних опытов; • предъявления сведений из истории становления физического эксперимента как метода познания, а также информации о жизни и деятельности ученых, осуществивших постановку опытов; • включения игровых элементов, связанных с содержанием физического эксперимента (викторин, кроссвордов, ролевых дидактических игр, интеллектуальных состязаний и др.)
Мотивация самоутверждения	Создание ситуации успеха на основе: • применения упражнений и тренажеров, в том числе виртуальных, с целью закрепления у учащихся методологических знаний и отработки экспериментальных умений; • постепенного наращивания сложности экспериментальных заданий; • формирования индивидуальной траектории выполнения домашних экспериментальных заданий и темпов ее прохождения с учетом индивидуальных способностей обучаемых; • организации продуктивного познавательного сотрудничества учащихся в ходе выполнения экспериментальных заданий; • использования игровых соревновательных ситуаций, ориентированных на выявление лидеров в командном и индивидуальном зачетах; • реализации различных форм публичного представления достижений учащихся в освоении теории и практики постановки физического эксперимента. Содействие росту уверенности учащихся в своих силах за счет: • применения различных способов дидактической поддержки самостоятельной учебной работы; • включения в домашние экспериментальные задания ссылок на информацию по истории постановки опытов известными учеными, свидетельствующей о сложности данного вида деятельности; • использования различных форм поощрения учебных достижений школьников.
Профессиональная мотивация	Демонстрация связи содержания домашнего эксперимента по физике (отдельных экспериментальных заданий, средств и технологий постановки опытов, сопутствующих им видов учебного познания и практической работы) с различными видами профессиональной деятельности.

Окончание табл.

1	2
Широкие социальные мотивы	Включение в программу обучения экспериментальных заданий, обеспечивающих: • знакомство учащихся с основными направлениями применения физических законов в повседневной деятельности человека, производственной практике и научном познании действительности; • сопоставление научных и житейских толкований природных явлений, понимание важности преодоления типичных заблуждений относительно их сущности, пользы и негативного влияния физических явлений на жизнедеятельность человека; • демонстрацию этапов истории становления экспериментального метода познания, необходимости освоения и внедрения современных технологий его реализации.

Ориентирование. В ходе учебных занятий учитель создает необходимые условия для осознания школьниками связи между физикой как учебным предметом (областью научного знания) и различными видами профессиональной деятельности, представленными в современном социуме. Дается информация о средних специальных и высших учебных учреждениях (региональных и федеральных), в которых можно получить профессии, требующие знания физики как учебной дисциплины.

Исполнение. Выполнение заданий ЦОР «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» способствует формированию у учащихся фактических предметных и методологических знаний, а также становлению ряда познавательных умений, необходимых для успешного изучения физики на профильном уровне. При выборе и выполнении школьниками домашних экспериментальных заданий осуществляется проба их интеллектуальных сил, имеет место последовательное осознание собственных склонностей и способностей. Это составляет основу адекватного понимания выпускниками основной школы своей психологической и интеллектуальной готовности к обучению по программе профильного курса физики в старших классах.

Контроль и оценка результатов. Данный элемент в структуре механизма проявления готовности связан с выявлением степени соответствия между полученными результатами выполнения экспериментальных заданий и требованиями учебной программы. Для того чтобы учащиеся могли оценить результаты собственной учебной работы, внешнего контроля и оценки недостаточно. Является необходимым формирование у них потребности и готовности к самоконтролю. С этой целью школьникам необходимо предлагать задания, связанные с рефлексией данной деятельности (например, оценка реальности полученного результата, его сопоставление с уже известными экспериментальными данными; анализ собственной интерпретации экспериментальных фактов и знакомство с иными подходами к их толкованию; выявление ошибок и неточностей в проведении эксперимента на фоне сопоставления его результатов с эталонными; поиск новых средств и технологий постановки эксперимента и сравнительный анализ их эффективности и пр.). Рефлексия может быть текущей, ретроспективной, перспективной. Полезна организация коллективной или групповой рефлексии. Организация разнообразной рефлексивной деятельности не только способствует формированию у учащихся потребности в са-

моконтроле, но и обеспечивает его объективность и выражается в итоге в адекватной самооценке обучающимися собственного познавательного опыта.

Самоопределение и выбор. Оказываясь в ситуации выбора профиля обучения и далее будущей профессии, учащиеся сталкиваются с проблемой принятия решения. Указанные выше компоненты готовности (*мотивация, ориентирование, исполнение, самоконтроль и самооценка*), сформированные на необходимом уровне, обеспечивают более высокий уровень сознательности и ответственности такого решения.

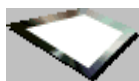
Домашний физический эксперимент является важным средством эффективной предпрофильной подготовки учащихся основной школы к выбору профильного уровня изучения физики при их переходе в старшие классы. Для проверки результативности организации домашней экспериментальной работы учащихся с применением комплексной виртуальной образовательной среды «Домашний физический эксперимент. 7–9 классы» была проведена опытно-поисковая работа. При переходе на старшую ступень обучения учащиеся экспериментальной группы уверенно продемонстрировали более высокий уровень готовности к сознательному выбору профильного уровня обучения физике в сравнении с учащимися контрольной группы. Это было подтверждено наблюдениями учителей за учащимися контрольной и экспериментальной групп и результатами диагностических методик оценки готовности учащихся к выбору профильного уровня обучения по предмету.



Список литературы

1. Албычев П.В. Самодельные приборы по физике. – М.: Гос. учеб.-пед. из-во Мин-ва просвещения РСФСР, 1950. – 279 с.
2. Данюшенков В.А., Коршунова О.В. Домашний эксперимент по физике в условиях развивающего обучения: учеб.пособие. – Киров: Изд-во ВГПУ, 2000. – 112 с.
3. Зенцова И.М. Классификация учебных экспериментальных работ по физике // Матер. IX Междунар. науч.-метод. конф. «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». Ч. 1. – М.: МПГУ: РГУ им. С.А. Есенина 2010. – С. 221–224.
4. Зимняя И. А. Педагогическая психология : учеб. для вузов. – М.: Логос, 2004. – 384 с.
5. Зуев П.В. Простые опыты по физике в школе и дома. – М.: Флинта, 2012. – 141 с.
6. Иванова В.В., Р.Д. Минькова. Рабочая тетрадь по физике: 7 класс: к учебнику А.В. Перышкина «Физика. 7 класс». – М.: Экзамен, 2009. – 142 с.
7. Касьянов В.А., В.Ф. Дмитриева. Рабочая тетрадь по физике: 8 класс: к учебнику А.В. Перышкина «Физика. 8 класс». – М.: Экзамен, 2009. – 127 с.
8. Ковтунович М.Г. Домашний эксперимент по физике: пособие для учителя. – М.: ВЛАДОС, 2007. – 207 с.
9. Ланина И.Я. 100 игр по физике. – М.: Просвещение, 1995. – 224 с.
10. Минькова Р.Д. Рабочая тетрадь по физике: 9 класс: к учебнику А.В. Перышкина, Е.М. Гутник «Физика. 9 класс». – М.: Экзамен, 2008. – 127 с.

11. *Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В.* Виды компьютерных моделей и направления использования в обучении физике // Вест. Том. гос. пед. ун-та. – 2010. – № 4. – С. 118–124.
12. *Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В.* Формирование у учащихся обобщенных подходов к работе с моделями // Изв. Южн. федерал. ун-та. Пед. науки. – 2009. – № 12. – С. 206–214.
13. *Оспенникова Е.В.* Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 655 с.
14. *Оспенникова Е.В.* Развитие самостоятельности школьников в учении в условиях обновления информационной культуры общества: в 2 ч. Ч. 2. Основы технологии развития самостоятельности школьников в изучении физики: моногр. / Перм. гос. пед. ун-т. – Пермь, 2003. – 329 с.
15. *Покровский С.Ф.* Опыты и наблюдения в домашних заданиях по физике. – 2-е изд. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1963. – 415 с.
16. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / [сост. Е.С. Савинов]. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 2014. – 342 с.
17. Профессиональный стандарт педагога [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/129/PS_pedagog.doc
18. *Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е.* Физика. 7 класс: рабочая тетрадь. – М.: Дрофа, 2009. – 158 с.
19. *Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е.* Физика. 8 класс: рабочая тетрадь. – М.: Дрофа, 2003. – 160 с.
20. *Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е., Чаругин В.М.* Физика. 9 класс: рабочая тетрадь. – М.: Дрофа, 2009. – 190 с.
21. Рекомендации по построению различных моделей и использованию «портфолио» учащихся основной и полной средней школы [Электронный ресурс]. – URL: <http://74444s001.edusite.ru/DswMedia/portfolio.doc>
22. Теория и методика обучения физике в средней школе. Избранные вопросы. Школьный физический эксперимент в условиях современной информационно-образовательной среды: учеб.-метод. пособие / Е.В. Оспенникова, Н.А. Оспенников, Д.А. Антонова, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой. – Перм. гос. пед. ун-т. – Пермь, 2013. – 368 с.
23. *Усова А.В., Вологодская З.А.* Дидактический материал по физике: 6–7 кл. – М.: Просвещение, 1983. – 127 с.
24. *Усова А.В., Вологодская З.А.* Самостоятельная работа учащихся по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1981. – 158 с.
25. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (5–9 кл.) [Электронный ресурс]. – URL: <http://минобрнауки.рф/документы/938> (дата обращения: 29.07.2014).
26. *Ханнанова Т.А., Хананнов Н.К.* Физика. 7 класс: рабочая тетрадь. – М.: Дрофа, 2007. – 86 с.
27. *Юров С.И.* Домашние экспериментальные работы учащихся по физике. – М.: Гос. учеб.-пед. изд-во Мин-ва просвещения РСФСР, 1954. – 179 с.



УДК 53 (072.3)

И.В. Ильин

СОДЕРЖАНИЕ И СРЕДСТВА ДИДАКТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ КУРСА ПО ВЫБОРУ «ПРИНЦИП ПОЛИТЕХНИЗМА В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ»

Представлены концепция построения и содержание учебной программы курса по выбору «Принцип политехнизма в обучении физике: содержание и стратегии реализации», предназначенного для бакалавров, обучающихся по направлению «Педагогическое образование». Программа курса направлена на формирование у будущих учителей физики готовности к решению специальных профессиональных задач в области политехнического обучения и формирование положительной мотивации профессиональной деятельности, связанной с проектированием и проведением занятий с учащимися средней школы по изучению вопросов прикладной физики. Особая роль при организации таких занятий отводится ИКТ-средствам реализации политехнической направленности обучения. В качестве такого средства предлагается электронный образовательный ресурс как пополняемый комплекс мультимедиа модулей для изучения объектов современной техники. В рамках рассматриваемого учебного курса студенты выполняют творческие проекты, связанные с разработкой учебных модулей для данного ресурса.

К л ю ч е в ы е с л о в а : методика обучения физике в высшей школе, обучение физике в средней школе, физико-техническое знание, техносфера, политехническая направленность обучения физике, информационно-коммуникационные технологии обучения.

Знакомство учащихся с вопросами современной техники в курсе физики средней школы – важная часть политехнической подготовки современного школьника. На сегодняшний день изучение прикладных вопросов в курсе физики сводится к эпизодическому рассмотрению отдельных объектов техники, что не является достаточным в образовательном отношении. Должна ставиться задача формирования у учащихся средствами физики технической культуры, соответствующей современному уровню развития техносферы. Это достигается реализацией в предметном обучении принципа политехнизма в его обновленном понимании.

Принцип политехнизма – это система регулятивов (дидактических требований), направляющих деятельность учителя по формированию у учащихся технической культуры (технической грамотности и технической компетентности) как основы их адаптации к современной техносфере [2; 3; 9]. Под технической компетентностью субъекта, как составляющей его технической культуры, понимается готовность к решению практических задач, связанных с использованием технических знаний в процессе жизнедеятельности в современной техносфере, адекватной оценке системы взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» с учетом возможных следствий этих взаимодействий, совершенствованию техносферы (созданию новых объектов техники, повышению эффективности и безопасности их функционирования) [9].

Предлагаемый учебный курс по выбору «Принцип политехнизма в обучении физике» ориентирован на подготовку будущих учителей к реализации политехнической направленности обучения физике в средней школе. В рамках курса студенты приобретают необходимые знания о содержании принципа политехнизма в его современном толковании и опыт реализации отдельных направлений политехнической подготовки школьников.

Ц е л и к у р с а :

- формирование специальной профессиональной компетентности (СПК) будущих учителей физики в области методики реализации принципа политехнизма в учебном процессе по физике;
- формирование готовности будущих учителей к проектированию и проведению учебных занятий курса по выбору и элективного курса «Физика современной техносферы».

З а д а ч и к у р с а :

1. Формирование у студентов системы знаний о:

- содержании принципа политехнизма, базирующемся на представлениях о современной техносфере, и вариативных практиках его реализации;
- методике формирования у учащихся системы технических знаний (конкретных, метатехнических) как базовой составляющей их технической культуры;
- системе средств дидактического обеспечения учебного процесса по политехнической подготовке учащихся;
- методике организации учебных занятий в рамках основного курса физики и курсов по выбору и элективных курсов по прикладным (техническим) вопросам физики.

2. Формирование готовности будущих учителей физики к решению специальных профессиональных задач:

- отбора и дидактической адаптации полиграфических и цифровых материалов по вопросам прикладной физики;
- разработки дидактических материалов политехнической направленности для самостоятельной работы учащихся, в том числе ориентированных на формирование у них системы метатехнического знания;
- проектирования и проведения учебных занятий различных организационных форм по вопросам прикладной физики в условиях применения средств ИКТ (на материале курса по выбору и элективного курса «Физика современной техносферы»).

3. Формирование у студентов положительной мотивации профессиональной деятельности, связанной с проектированием и проведением учебных занятий по изучению вопросов прикладной физики. Содействие становлению коммуникативной компетентности студентов в условиях коллективной деятельности по разработке учебных материалов и проектов занятий по вопросам прикладной физики с применением средств ИКТ (компонентов ЦОР, ИУМК, ИИСС и новых инструментов учебной деятельности).

И н н о в а ц и о н н а я н а п р а в л е н н о с т ь к у р с а :

По целям обучения:

- а) обновление их состава за счет включения целей, связанных с овладением студентами содержанием и начальным опытом реализации одного из ключевых направлений политехнической подготовки школьников – формирования у них системы современного физико-

технического знания (конкретного, метатехнического), а также современными компьютерными технологиями дидактического сопровождения этой подготовки;

б) представление целей обучения в виде совокупности компетенций будущего специалиста (общекультурной, профессиональной, специальной), отражающих разные уровни решения профессиональных задач, связанных с организацией учебных занятий по физике политехнической направленности.

По содержанию обучения: обновление программы курса теории и методики обучения физике и представлении части содержания подготовки специалиста в виде совокупности новых профессиональных задач (типовых и творческих), связанных с:

а) изучением содержания принципа политехнизма (с учетом представлений о техносфере) и направлений его реализации в обучении физике;

б) проектированием учебных занятий по прикладным (техническим) вопросам физики;

в) проектированием и созданием соответствующих дидактических материалов для самостоятельной работы учащихся;

г) эффективным применением в обучении новых средств – цифровых источников учебной информации и новых инструментов учебной деятельности.

По методам обучения:

а) расширение состава методов обучения студентов за счет использования новых источников учебной информации и инструментов учебной деятельности;

б) использование преимущественно активных методов обучения, ориентированных на самостоятельную творческую работу студентов по решению профессиональных задач;

в) применение нетрадиционных методов обучения (компетентностный подход с применением технологий проектного и продуктивного обучения, элементов технологии КСО и технологии проблемного обучения, дистанционных технологий).

По формам обучения:

а) увеличение разнообразия форм организации учебных занятий со студентами, обеспеченного использованием средств ИКТ, в частности, применении форм дистанционного обучения (ДО): мультимедиа-лекции, кейс-технология, Web-технологии; offline и online консультаций;

б) расширение состава форм учебной деятельности студентов (выполнение индивидуальных и коллективных проектов, работа в малых творческих группах).

По средствам обучения:

а) комплексное использование ИКТ-инфраструктуры лабораторий и кабинетов университета (аппаратных средств, ресурсов и инструментов учебной и научно-исследовательской деятельности) при организации учебных занятий со студентами по программе курса;

б) системное внедрение средств ИКТ в самостоятельную работу студентов с целью обеспечения нового, более совершенного уровня ее организации (расширение спектра задач самостоятельной работы; оптимизация времени, отводимого на ее организацию; реализация вариативных методик построения учебного процесса; более высокий уровень индивидуализации обучения; создание благоприятных условий для групповых и коллективных форм учебной работы студентов, способствующих развитию их интереса к командной деятельности и становлению опыта профессиональной коммуникации).

Т р е б о в а н и я к у р о в н ю о с в о е н и я у ч е б н о г о к у р с а :

Содержание курса формируется за счет расширения и углубления содержания учебной программы дисциплины «Методика обучения физике». В результате изучения курса студент должен:

а) решать задачи, соответствующие *общекультурной компетентности (ОК)*:

- пользоваться традиционными и цифровыми (локальными и сетевыми) источниками информации, работать с поисковыми системами, отбирать и структурировать информацию, формулировать заключения обобщающего характера;
- пользоваться стандартными офисными программами для обработки информации,
- владеть практическими умениями и навыками в области использования в преподавании аппаратной компьютерной техники;
- владеть навыками решения профессиональных задач в условиях коллективной деятельности;

б) решать задачи, соответствующие *профессиональной компетентности (ПК)*:

- формулировать цели обучения и определять в соответствии с поставленными целями содержание учебных занятий; отбирать рациональные методы и приемы обучения, выбирать или самостоятельно проектировать необходимые для учебного процесса средства обучения;
- владеть методикой проведения учебных занятий по физике в различных организационных формах;
- владеть методикой организации самостоятельной работы учащихся, в том числе методикой организации их самостоятельной исследовательской деятельности; обеспечивать необходимые условия для работы учащихся в парах и малых группах;
- строить учебный процесс с учетом индивидуальных особенностей учащихся (интересов, способностей и пр.);

в) решать задачи, соответствующие *специальной компетентности (СК)*:

- осуществлять поиск, анализ и отбор ресурсов и инструментов учебной деятельности, которые могут быть использованы при изучении вопросов техники в школьном курсе физики;
- владеть системой знаний об основных направлениях политехнической подготовки учащихся средней школы при их обучении физике;
- владеть методикой формирования системы технического знания (конкретного, метатехнического) как одного из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике;
- определять методы и приемы рационального использования традиционных средств обучения и средств ИКТ при организации учебной работы школьников по изучению вопросов прикладной физики;
- разрабатывать авторские цифровые ресурсы и дидактические материалы для самостоятельной работы учащихся по физике с использованием различных компонентов ЦОР, ИИСС, ИУМК;
- проектировать и проводить учебные занятия по прикладной физике;
- осуществлять в условиях ИКТ-насыщенной предметной среды руководство самостоятельной учебной работой школьников по изучению вопросов техники; содействовать в связи с этим формированию общей и специальной предметной ИКТ-компетентности учащихся.

Взаимосвязь курса с дисциплинами учебного плана:

В рамках курса реализуются межпредметные связи (МПС) с дисциплинами: «Методика обучения физике», «Общая и экспериментальная физика», «Теоретическая физика», «История физики», «Концепции современного естествознания», «Мультимедиа технологии в образовании», «Компьютерное моделирование», «Основы педагогического проектирования».

Требования к обязательному объему учебных часов на изучение модуля:

Виды учебной работы	Количество часов по формам обучения
<i>Аудиторные занятия (всего):</i>	36
В том числе:	
лекции (Л)	4
семинарские занятия (СЗ)	8
лабораторные работы (ЛР)	16
практические занятия (ПЗ)	8
<i>Самостоятельная работа (СРС) (всего)</i>	36
<i>Общая трудоемкость:</i> часы / зачетные единицы	72/ 2
<i>Форма аттестации</i>	зачет

Требования к обязательному уровню и объему подготовки по модулю

Лекции

№ п/п	Тема лекции	Объем, ч
1	Понятие «техника» и «составляющие техносферы». Принцип политехнизма в педагогической науке (история становления, современное толкование)	2
2	Общие вопросы методики реализации принципа политехнизма в курсе физики средней школы. Формирование у учащихся системы метатехнического знания в курсе физики средней школы как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике. Проектирование и разработка средств обучения для реализации принципа политехнизма	2
	<i>Всего</i>	4

Семинары

№ п/п	Тема занятия	Объем, ч
1	Понятие «техника» и «структура техносферы». Принцип политехнизма в педагогической науке (история становления, современное толкование)	2
2	Общие вопросы методики реализации принципа политехнизма в курсе физики средней школы. Формирование у учащихся системы метатехнического знания в курсе физики средней школы как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике	2
3	Проектирование и разработка средств обучения для реализации принципа политехнизма. Демонстрация требования к элементам модуля в составе ЭОР «Физика современной техносферы»	2
4	Предзащита элементов авторских проектов	2
	<i>Всего</i>	8

Лабораторные занятия

№ п/п	Тема и содержание занятия	Объем, ч
<i>Проектирование и разработка дидактических и учебно-методических материалов к модулю</i>		
1	Разработка содержания элементов модуля	4
2	Разработка содержания элементов модуля Применение средств ИКТ в представлении различных элементов системы метатехнического знания. Создание цифровых дидактических материалов для учащихся	4
3	Разработка методических материалов для учителя (УМК учебных занятий элективного курса «Физика современной техносферы»)	4
4	Коллективная разработка электронного образовательного ресурса Использование сетевых сервисов Интернета (или ДО «Moodle») в представлении дидактических материалов Сборка и тестирование и отладка ЭОР; добавление авторских модулей в состав ЭОР «Физика современной техносферы»	4
	<i>Всего</i>	16

Практические занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, ч
1	Проведение студентами учебных занятий и обобщающего занятия (в конце) курса по выбору \ элективного курса для средней школы «Физика современной техносферы» в форме ролевой игры	8
	<i>Всего</i>	8

Самостоятельная работа

№ п/п	Содержание работы	Неделя семестра
<i>к лекциям</i>		
1	Работа с учебной, научно-методической и специальной литературой. Ответы на вопросы задачных ситуаций (кейс-метод)	1
2	Изучение конспектов лекций, размещенных в дистанционной оболочке обучения, работа с учебной, научно-методической и специальной литературой. Ответы на вопросы задачных ситуаций (кейс-метод). Выполнение индивидуальных заданий, в том числе проблемного характера	2
<i>к семинарам</i>		
1–3	Работа с конспектами лекций, учебной и дополнительной литературой по теме семинара	3, 4, 5
4	Подготовка к предзащите авторских проектов	9
<i>к лабораторным занятиям</i>		
1	Разработка элементов модуля (элементы 1–4, 8, 9): цифровые дидактических материалы	6
2	Разработка элементов модуля (элементы 5–7): цифровые дидактических материалы	7
3	Разработка модели ЭОР «Физика современной техносферы»	8
4	Корректировка и итоговая доработка модуля	10
<i>к практическим занятиям</i>		
1	Подготовка к проведению учебного занятия	11
2	Разработка учебно-методического комплекса (УМК) учебного занятия (элемент 10), включающего организацию учебной работы школьников с содержанием модуля	11

С о д е р ж а н и е к у р с а

Л е к ц и и

Лекция 1. Понятие «техника» и составляющие техносферы. Принцип политехнизма в педагогической науке (история становления, современное толкование).

Лекция 2. Общие вопросы методики реализации принципа политехнизма в курсе физики средней школы. Формирование у учащихся системы метатехнического знания в курсе физики средней школы как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике. Проектирование и разработка средств обучения для реализации принципа политехнизма.

С е м и н а р ы

Семинар 1. Понятие «техника» и структура техносферы. Принцип политехнизма в педагогической науке (история становления, современное толкование) (2 ч).

Цель: изучение философских толкований понятий «техника» и техносфера, подходов к реализации политехнизма в педагогической науке.

Вопросы для обсуждения

1. Подходы к толкованию понятия техника. Составляющие техносферы (система технических знаний, виды технической деятельности, система отношений «общество (человек) – техника – природа», менталитет социума).

2. Содержание, методы и формы реализации принципа политехнизма на различных исторических этапах развития системы образования.

3. Состояние проблемы реализации принципа политехнизма в теории и практике обучения физике в средней школе.

4. Подходы к определению содержания принципа политехнизма на современном этапе развития педагогической науки. Принцип политехнизма в его современном понимании (с учетом представлений о современной техносфере и структуре метатехнического знания).

Индивидуальные сообщения

1. История развития содержания принципа политехнизма в педагогической науке.

2. Опыт зарубежных стран в реализации принципа политехнизма в средней общеобразовательной школе.

Рекомендуемая литература

1. Политехническое образование и профориентация учащихся в процессе преподавания физики в средней школе [Текст] / А.Т. Глазунов, Ю.И. Дик, Б.М. Игошев и др.; под ред. А.Т. Глазунова, В.А. Фабриканта. – М.: Просвещение, 1985. – 159 с.

2. Поликарпов В.С. История науки и техники. Учеб. для студентов вузов [Текст] / В.С. Поликарпов. – Ростов н/Д: Феникс, 1999. – 352 с.

3. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники: уч. пособие [Текст] / А.И. Половинкин. – Волгоград: ВолгПИ, 1985. – 202 с.

4. Степин В.С. Философия науки и техники [Текст] / В.С. Степин В.Г. Горохов, М.А. Розов. – М.: Гардарики, 1996. – 400 с.

5. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы: уч. пособие для студ. высш. уч. завед. [Текст] / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др. – М.: Академия, 2000. – 368 с.

6. Физика и научно-технический прогресс: кн. для учителя / В. Г. Разумовский, Э.М. Браверман, Н. Е. Вадеевская и др.: под ред. А. Т. Глазунова и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1988. – 176 с.

7. Шиян Н.В. Политехническое обучение учащихся в процессе изучения физики в зарубежных школах [Текст] / Н.В. Шиян, П.А. Шиян // Физика в системе современного образования: сб. докл. 9-й междунар. конф. (ФССО-07). – Т. 2. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2007. – с. 171–174.

8. Щербаков Р.Н. Формирование представлений о физике как основе техники [Текст] / Р.Н. Щербаков // Физика в школе. – 1995. – № 3. – с. 27–31.

9. Щербаков Р.Н. Физика и техника. На важных направлениях научно-технического прогресса [Текст] / Р.Н. Щербаков // Физика в школе. – 1996. – № 3. – с. 4–9.

Семинар 2. Общие вопросы методики реализации принципа политехнизма в курсе физики средней школы. Формирование у учащихся системы метатехнического знания в курсе физики средней школы как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике (2 ч).

Цель: освоение методики реализации принципа политехнизма в курсе физики средней школы и формирование у учащихся системы метатехнического знания в курсе физики средней школы как одно из его направлений.

Вопросы для обсуждения

1. Содержание прикладного (технического) знания в курсе физики средней школы, уровни его систематизации и обобщения.

2. Виды учебно-познавательной деятельности учащихся, связанные с изучением вопросов прикладной физики. Виды технической деятельности и основные технические умения, формируемые в рамках предметного обучения. Методы и средства политехнического обучения. Цифровые образовательные ресурсы и инструменты. Применение средств ИКТ при изучении школьниками вопросов техники и освоении видов технической деятельности. Формы организации учебных занятий по технике.

3. Содержание системы МТЗ в курсе физики средней школы.

4. Основные положения методики формирования системы МТЗ в учебном процессе по физике. Вариативные практики учебной работы по формированию у учащихся системы МТЗ при обучении физике.

Индивидуальные сообщения

1. Роль межпредметных связей в политехническом обучении школьников и методика их реализации.

2. Элективные и факультативные курсы по физике, направленные на политехническую подготовку учащихся. Техническое творчество школьников в учебном процессе по физике. Внеурочная работа школьников по технике.

Рекомендуемая литература

1. Атутов П.Р. Политехническое образование школьников в современных условиях [Текст] / П.Р. Атутов – М.: Знание, 1985. – 80 с.

2. Глазунов А.Т. Техника в курсе физики средней школы [Текст] / А.Т. Глазунов. – М.: Просвещение, 1977. – 159 с.

3. Задачи по физике с техническим содержанием: кн. для учителя [Текст] / В.А. Бондарь, Д.И. Кульбицкий, В.А. Яковенко— Мн.: Нар. асвета, 1986. – 167 с.
4. Маркович М.М. Техника на уроках физики [Текст] / М.М. Маркович, П.Я. Уваров. – М. Учпедгиз, 1960. – 166 с.
5. Методика преподавания физики в 7–8 классах средней школы [Текст] / Под ред. В.П. Орехова, А.В.Усовой, С.Е. Каменецкого. – М.: Просвещение, 1990. – 319 с.
6. Политехническое образование и профориентация учащихся в процессе преподавания физики в средней школе [Текст] / А.Т. Глазунов, Ю.И. Дик, Б.М. Игошев и др.; под ред. А.Т. Глазунова, В.А. Фабриканта. – М.: Просвещение, 1985. – 159 с.
7. Сердинский В.Г. Экскурсии по физике в средней школе: пособие для учителей [Текст] / В.Г. Сердинский. – М.: Просвещение, 1980. – 223 с.
8. Столяров Л.И. Организация радиотехнического кружка в школе (методические рекомендации) [Текст] / Л.И. Столяров. – Пермь: ПГПИ, 1984. – 24 с.
9. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы: уч. пособие для студ. высш. уч. завед. [Текст] / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др. – М.: Академия, 2000. – 368 с.
10. Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений [Текст] / Ю.И. Дик, Ю.С. Песоцкий, Г. Г. Никифоров и др.; под ред. Г.Г. Никифорова. – М.: Дрофа, 2005. – 141 с.

Семинар 3. Проектирование и разработка цифровых дидактических материалов для самостоятельной работы учащихся по технике. Демонстрация требования к элементам модуля в составе ЭОР «Физика современной техносферы» (2 ч).

Цель: изучение технологии проектирования и разработки цифровых дидактических материалов для самостоятельной работы учащихся по технике.

Вопросы для обсуждения

1. Создание дидактических средств политехнической направленности (раздаточных учебных материалов, учебных пособий для элективных и факультативных курсов), в том числе средств реализации межпредметных связей в политехнической подготовке учащихся.
2. Требования к качеству виртуальной среды обучения; методика и технологии разработки цифровых учебных материалов по прикладным (техническим) вопросам физики (в том числе специализированных ЭОР).
3. Методика и технологии разработки цифровых учебных материалов по вопросам прикладной физики (на примере разработки ЭОР «Физика современной техносферы»).
4. Демонстрация требований к элементам модуля в составе ЭОР «Физика современной техносферы».

Индивидуальные сообщения

1. Техническое творчество учителя физики. Проектирование и создание простых технических объектов (моделей, макетов).
2. Проектирование виртуальной образовательной среды прикладной (технической) направленности: медиаформаты представления прикладных (технических) вопросов физики в виртуальной среде.

Рекомендуемая литература

1. Оспенникова Е.В. Учебный курс «Мультимедийные технологии проектирования компонентов предметных цифровых образовательных ресурсов» [Текст] / Е.В. Оспенникова, Е.А. Еремин, К.Г. Кудымов [и др.] // Цифровые образовательные ресурсы в школе: вопросы педагогического проектирования: сборник учебно-методических материалов для педагогических вузов. – М.: Универ. книга, 2008. – (Библиотека информатизации образования). – С. 175–251. (Режим доступа: <http://www.school-collection.edu.ru>).
2. Оспенникова Е.В. Учебный курс «Основы педагогического проектирования» [Текст] / А.А. Оспенников, Е.В. Оспенникова // Цифровые образовательные ресурсы в школе: вопросы педагогического проектирования: сборник учебно-методических материалов для педагогических вузов. – М.: Универ. книга, 2008. – (Библиотека информатизации образования). – С. 28–68. (Режим доступа: <http://www.school-collection.edu.ru>).
3. Оспенникова Е.В. Учебный модуль «Использование коллекций ЦОР в проектировании учебных материалов» [Текст] / А.А. Оспенников, Е.В. Оспенникова // Цифровые образовательные ресурсы в школе: вопросы педагогического проектирования: сборник учебно-методических материалов для педагогических вузов. – М.: Универ. книга, 2008. – (Библиотека информатизации образования). – С. 208–252. (Режим доступа: <http://www.school-collection.edu.ru>).
4. Ильин И.В. ИКТ в учебном процессе по физике: медиаформаты представления вопросов прикладной физики [Текст] / И.В. Ильин // Применение информационных технологий в профессиональной деятельности специалиста XXI века: матер. I межвуз. науч.-практ. конф. / Пермский институт (филиал) ГОУ ВПО «Российский государственный торгово-экономический университет». – Пермь: ОТ и ДО, 2011. – С. 46–50.

Семинар 4. Предзащита элементов авторских проектов (2 ч).

Цель: анализ типичных ошибок, допущенных студентами при проектировании элементов модуля, и корректировка их проектной деятельности.

Содержание: предзащита авторских проектов и их обсуждение.

Примечание. Результаты обсуждения являются основанием для доработки проектов. На заключительном этапе семинара рассматриваются особенности и организационные вопросы объединения модулей в коллективный образовательный продукт.

С о д е р ж а н и е л а б о р а т о р н ы х з а н я т и й

В рамках лабораторных занятий каждым студентом разрабатывается отдельный учебный модуль электронного образовательного ресурса (ЭОР) «Физика современной техносферы» [1, 9].

Структура комплекта дидактических и методических материалов учебного модуля

1. Структурированное описание ТО (по обобщенному плану изучения ТО, реализующему концепцию формирования у учащихся метатехнического знания).
2. Опорный конспект (ОК) (сокращенный вариант описания ТО).
3. Презентация ОК («линейное» представление информации средствами офисного ПО).

4. Презентация ОК в виртуальной среде «Zoom-презентация» (*«нелинейное» представление информации и визуализация системы знаний о техносфере*).

5. Виртуальная модель технического объекта (демонстрационная или интерактивная), а также виртуальные модели физических явлений и законов, лежащих в основе работы ТО (*авторские модели или ссылки на электронные ресурсы, содержащие такие модели*); инструкция к работе с интерактивной учебной моделью (*разработанная на основе обобщенного плана работы с виртуальной моделью*).

6. Задания для самостоятельной работы учащихся с материалами модуля.

7. Тест, контролирующий усвоение учащимися содержания модуля.

8. Каталог медиаобъектов.

9. Источники информации.

10. Учебно-методический комплекс (УМК) занятия, ориентированный на изучение учащимися содержания модуля [1, 2, 9].

Примеры проблем и задачных ситуаций для обсуждения на лекции и предъявления заданий для самостоятельной работы

1. *Противоречия в толковании понятия «техника»:*

- сравнительный анализ определений понятия «техника»;
- анализ классификаций техники, проблема непротиворечивости классификаций;
- выделение и определение структуры нематериального и материальных аспектов понятия «техника»;
- представление в учебной среде элементов техники с учетом ее возможных классификаций (примеры и способы демонстрации).

2. *Противоречия в выявлении составляющих понятия «техносфера»:*

- сравнительный анализ позиций исследователей относительно составляющих техносферы;
- структура составляющих техносферы;
- особенности взаимосвязей составляющих техносферы;
- менталитет социума как фактор развития техносферы;
- система взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» на современном этапе развития техносферы: определение звеньев взаимодействия (например, «техника – природа», «природа – техника» и других, их иллюстрация конкретными примерами).

3. *Противоречия между содержанием принципа политехнизма в обучении физике в его традиционном понимании и необходимостью учета в нем представлений о составляющих техносферы:*

- проблема достаточности классического толкования принципа политехнизма в обучении;
- следствия классического подхода к реализации принципа политехнизма в обучении;
- образовательный стандарт для средней школы, отражение в его содержании принципа политехнизма в обучении (целевые ориентиры, содержание обучения, результаты обучения);

- направления развития представлений о содержании принципа политехнизма в обучении;
- техническая культура учащихся как результат реализации принципа политехнизма в обучении;
- составляющие технической культуры учащихся; оценка технической культуры учащихся;
- отношение учащихся к политехнической подготовке при обучении физике;
- особенности реализации принципа политехнизма в обучении физике;
- содержание и роль предметной техносреды в политехнической подготовке школьников при обучении физике;
- перспективы развития предметной техносреды, используемой при обучении физике.

4. *Проблема формирования у учащихся системы технического знания (конкретного, обобщенного) в обучении физике:*

- подходы к формированию системы знаний о техносфере;
- методы формирования системы знаний о техносфере;
- изучение объектов современной техники: трудности и пути их преодоления;
- средства формирования технических знаний (конкретных, метатехнического);
- самостоятельная работа учащихся по освоению систем технического знания;
- способы систематизации технических знаний;
- обобщение технических знаний; оценка возможностей применения обобщенных алгоритмических предписаний при изучении объектов техники и видов технической деятельности;
- способы реализации межпредметных связей в формировании технического знания.

Перечень дополнительных индивидуальных заданий

1. Изучение практики зарубежных стран в реализации принципа политехнизма.
2. Углубленное изучение основных направлений НТП (механизация производства, теплоэнергетика, теплофикация, создание новых материалов с заданными свойствами, электроэнергетика и электрификация, производство радиотехники и ЭВТ, ядерная энергетика, фотоэлектронная и лазерная техника).
3. Углубленное изучение современных и перспективных направлений НТП (биоинженерия, нанотехнологии (наноэлектроника и др.), микроэлектроника, оптоэлектроника, робототехника, квантовая электроника, квантовая криптография, нейрокомпьютинг, нейрокибернетика, молетроника, криоэлектроника и др.).
4. Разработка анимации и моделей, отражающих принцип действия разрабатываемого объекта техники, физических явлений и законов, лежащих в основе его работы с применением инструментов и сред компьютерного моделирования (Adobe Flash, Stratum 2000 и др.).
5. Подготовка авторского учебного видеофильма по теме модуля.

Таблица

**Примерный перечень технических объектов для изучения
в курсе физики средней общеобразовательной школы**

Раздел курса физики	Тема курса физики	Технический объект
1	2	3
МЕХАНИКА	Точность и погрешность измерений	Линейка Штангенциркуль Микрометр
	Масса. Единицы массы	Весы
	Сила. Вес тела	Динамометр
	Сообщающиеся сосуды	Водопровод Фонтан Чайник Датчик уровней Шлюз как гидротехническое сооружение
	Измерение давления	Барометр-анероид Манометр
	Передача давления жидкостям и газам	Гидравлический пресс Насос Поршневой жидкостный насос Амортизатор Гидравлический тормоз Вибрационная машина Отбойный молоток
	Архимедова сила	Ареометр Подводная лодка Акваланг Батисфера Аэростат Дирижабль
	Простые механизмы	Полиспаг Баллиста Катапульта Ворот
	Источники звука. Звуковые колебания	Камертон, Музыкальные инструменты Фонограф Мегафон
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	Тепловое движение. Температура	Термометр
	Влажность воздуха	Гигрометр Психрометр
	Количество теплоты. Уравнение теплового баланса	Калориметр
	Агрегатные состояния вещества	Холодильник Тепловая пушка Кондиционер Дистиллятор

Продолжение табл.

1	2	3
	Работа газа и пара при расширении. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды	Паровой двигатель Паровая турбина ДВС Реактивные двигатели Криогенная техника Подушка безопасности
	Конвекция	Отопительная система квартиры
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	Виды теплопередачи	Термос
	Электризация тел. Закон сохранения заряда	Электроскоп Электрометр Электрофорная машина Копировальный аппарат
	Химические источники электрического тока	Гальванические элементы Аккумулятор
	Нагревание проводников электрическим током. Закон Джоуля-Ленца	Лампа накаливания Электрическая плитка, утюг, кипятильник Резистор
	Короткое замыкание	Предохранитель
	Магнитное поле Земли	Компас
	Магнитное поле катушки с током	Электромагнит Электрический звонок Магнитный сепаратор Электромагнитное реле
	Действие магнитного поля на проводник с током	Электродвигатель (синхронный и асинхронный) Электросчетчик
	Измерение электрического тока	Электроизмерительные приборы (амперметр, вольтметр)
	Получение переменного электрического тока. Производство, передача и потребление электрической энергии	Генератор переменного тока Электрохимический индукционный генератор ЛЭП
	Использование электромагнитной индукции	Трансформатор Детектор металла Поезд на магнитной подушке Спидометр Индукционные плавильные печи Электродинамический микрофон Аудио- и видеотехника Стартер люминесцентной лампы
	Магнетизм. Сила Лоренца	Осциллограф Электронно-лучевая трубка Масс-спектрограф Циклотрон Бетатрон МГД-генератор (магнитогидродинамический генератор)
	Энергия электростатического поля	Фотовспышка Фильтр радиоприемника
	Электрический ток в газах	Свеча зажигания Люминесцентная лампа Дуговые электроплавильные печи
	Электрический ток в жидкостях	Применение электролиза Гальванотехника (гальваностегия и гальванопластика)

Продолжение табл.

1	2	3
	Диэлектрики в электростатическом поле	Электростатический фильтр
	Емкость конденсатора	Конденсатор Сенсорный экран
	Применение полупроводников в технике	Полупроводниковый диод Солнечные батареи Светодиод Транзистор
		Электронный усилитель Терморезистор Автомат для управления электрическим освещением Фотореле Термореле
	*Пьезоэлектрический эффект	Пьезоэлектрическая зажигалка Прибор для УЗИ
	*Техническое применение высокотемпературных сверхпроводников	Промышленные сверхпроводящие проводники Поезд на сверхпроводящих магнитах
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	Геометрическая оптика	Линзы Оптические приборы (микроскоп, бинокль, очки, кинопроектор, телескоп, перископ и др.) Волоконно-оптические линии связи
	Волновая оптика	Цифровой фотоаппарат Жидкокристаллический экран Устройства создания голограмм Голографические изображения Поляроиды Просветленные объективы Пирометр Дифракционная решетка Спектроскоп Болометр
	Применение электромагнитных волн	Рентгеновский аппарат Томограф СВЧ-печь Радиотелескоп Радиолокатор Приборы ночного видения Портативный УФ-дезинфектор
	Принципы радиосвязи и телевидения	Радиопередатчик и радиоприемник Радиотелефонная связь GPS-навигация Точка доступа Wi-Fi
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	Квантовая теория электромагнитного излучения	Лазер
	Строение атома и атомного ядра.	Плазменный экран Люминесцентная лампа
	Регистрация элементарных частиц	Счетчик Гейгера Камера Вильсона Пузырьковая камера Дозиметр
		Пожарная сигнализация
	Ядерная энергетика. Экологические проблемы использования атомных электростанций	Ядерный реактор (АЭС)
	Ядерное оружие	Атомная и водородная бомба Нейтронная бомба

Окончание табл.

1	2	3
	Управляемый термоядерный синтез	ТОКАМАК
	* Туннельный эффект	Сканирующий зондовый микроскоп
	* Применение нанотехнологий в технике	Наночехолы Нанобатарейки Квантовые резисторы

Примечание: название учебных тем в таблице приведено в соответствии содержанием учебников по физике А.В. Перышкина и В.А. Касьянова [4–8].

Особенностью данного курса по выбору является реализация межпредметных связей с курсом «Информатика» (раздел «Алгоритмизация и программирования»). В рамках лабораторных работ ряд студентов разрабатывает программный код для обеспечения интерактивных свойств компьютерной модели. Ниже приведены примеры готовых продуктов (рис. 1–5).

На рисунках. 1, 2 представлен один из самых эффективных способов пошагового анализа физико-технического материала – гиперграфика (или интерактивная графика). Этот способ полезно применять для представления внешнего вида и устройства технического объекта, демонстрации принципа его работы. Это могут быть многослойные иллюстрации или иллюстрации с выплывающими дополнительными графическими изображениями, возможен эффект увеличения изучаемой части объекта или выход на микроуровень механизма его работы. Для реализации эффектов гиперграфики удобно проводить разработку в среде Adobe Flash.

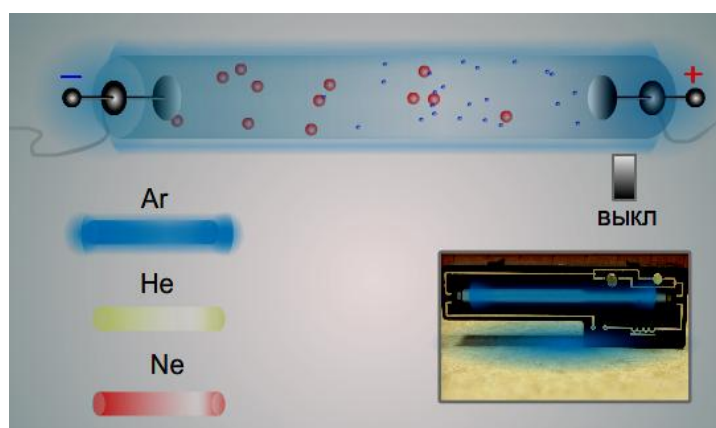


Рис. 1. Люминесцентная лампа (разработка студентов физического факультета ПГГПУ, рук. Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин)

Отчасти в интерактивных моделях (рис. 2), можно использовать и технологию ZOOM-презентации. Эта технология позволяет учащемуся двигаться в направлении расширения представлений об объекте или изучать его на все более «глубинных» уровнях.

Ф о р м ы т е к у щ е г о и п р о м е ж у т о ч н о г о к о н т р о л я :

- 1) письменный и устный контроль по основному содержанию курса;
- 2) внешняя экспертиза проекта:

- качества индивидуального проекта в составе коллективного образовательного продукта – ЭОР «Физика современной техносферы» для средней общеобразовательной школы;
- качества учебно-методического комплекса (УМК) занятия по физике, включающего изучение школьниками вопросов техники с применением средств ИКТ (УМК занятия должен быть ориентирован на использование студентами авторских учебных цифровых материалов);
- качества проведения учебного занятия с использованием разработанных дидактических материалов по технике в образовательном процессе;
- индивидуального вклада в разработку и проведение учебного занятия по систематизации и обобщению технических знаний;

3) зачет (на основе защиты проекта, проведения учебного занятия с использованием материалов проекта, участия в разработке коллективного проекта).

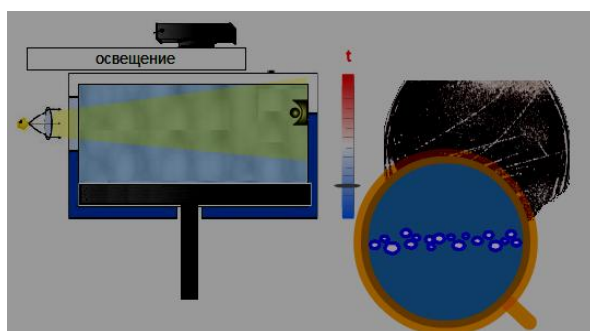


Рис. 2. Камера Вильсона
(разработка студентов физического факультета ПГГПУ, рук. И.В. Ильин)

Индивидуальные проекты связаны с разработкой интерактивных учебных моделей (рис. 3) или линейной анимации (рис. 4). Выбор уровня сложности проекта предоставляется студентам.

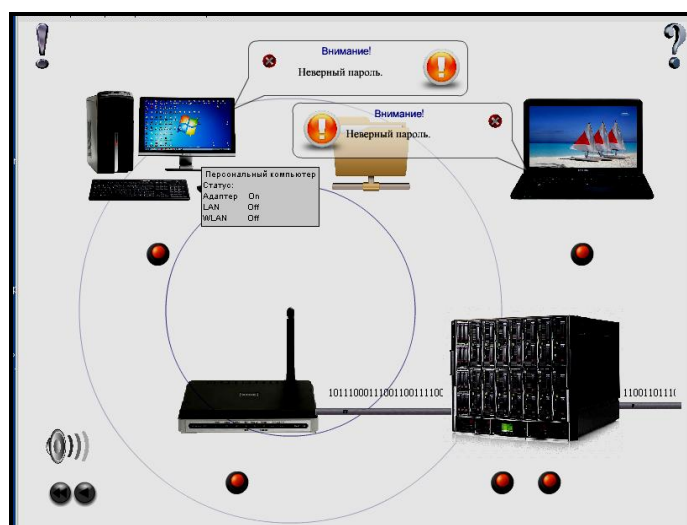


Рис. 3. Интерактивная модель «Беспроводная точка доступа WI-FI»
(разработка студентов физического факультета ПГГПУ, рук. Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин)

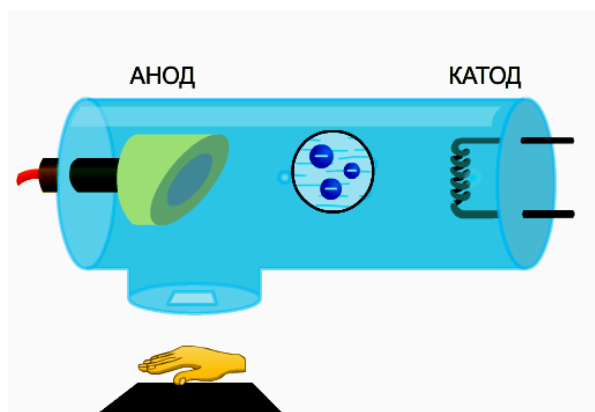


Рис. 4. Рентгеновский аппарат
(разработка студентов физического факультета ПГГПУ, рук. Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин)

В результате освоения программы курса по выбору студенты достигают необходимого уровня готовности к проектированию и проведению учебных занятий по изучению вопросов прикладной физики с применением средств ИКТ. Данный вывод получен в результате опытно-поисковой работы со студентами физического факультета ПГГПУ [9].

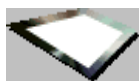
Автор выражает благодарность профессору Е.В. Оспенниковой за помощь в подготовке материалов для данной статьи.



Список литературы

1. Ильин И.В. Содержание и методика организации элективного курса «Физика современной техносферы» в средней общеобразовательной школе // Вест. ПГГПУ. Сер. «ИКТ в образовании». – Вып. 11. – Пермь, 2015. – С. 62–84.
2. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Принцип политехнизма в обучении физике в контексте современных представлений о структуре техносферы // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 1. – С. 71–75.
3. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Формирование системы метатехнического знания как базовой составляющей технической культуры современного школьника // Педагогическое образование в России. – 2011. – № 3. – С. 208–216.
4. Касьянов В.А. Физика 10 кл.: учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. – 4-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2002. – 420 с.
5. Касьянов В.А. Физика 11 кл.: учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. – 4-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2004. – 429 с.
6. Перышкин А.В. Физика 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – 13-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2009. – 192 с.
7. Перышкин А.В. Физика 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – 13-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2010. – 191 с.
8. Перышкин А.В., Гутник Е.М. Физика 9 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – 14-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2009. – 300 с.

9. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: моногр. / И.В. Ильин, Е.В. Оспенникова, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой; Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-т. – Пермь, 2014. – 504 с.



УДК 004.9

С.В. Давыдов

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИЖАНРОВОГО МОДУЛЯ ПО ТЕМЕ «ДИФРАКЦИЯ ФРЕНЕЛЯ»

Обоснована целесообразность множественности форм представления учебного материала в компьютерной среде как условия повышения качества обучения. Дано описание разработанного средствами моделирующей системы Stratum мультимедийного комплекса виртуальных учебных объектов, включающего интерактивные модели и задания, тренажер и блок контроля в игровой форме по теме «Дифракция Френеля» вузовского курса физики. Модуль успешно апробирован для сопровождения курса «Оптическая физика» в Пермском национальном исследовательском политехническом университете.

К л ю ч е в ы е с л о в а : дифракция, спираль Френеля, компьютерная поддержка курса физики, мультимедийный модуль, интерактивные модели, интерактивные задания и тренажеры, эффективность обучения.

Информационно-образовательная среда школы и вуза за последнее десятилетие значительно изменилась, и сильнее всего изменения коснулись компьютерного сопровождения курса физики. Современные программные продукты для образования основаны на технологии математического и компьютерного моделирования. Они используют манипуляционно-графический интерфейс, который обеспечивает взаимодействие компьютерной системы и пользователя через операции с графическими и символьными объектами, отображающими содержание учебной дисциплины. Составляющие предметно-процедурного компонента [1] обучающих сред имеют экспертные системы, которые могут диагностировать и оценивать действия пользователя.

Поэтому одно из важных достоинств виртуальной среды обучения – акцент на индивидуализации обучения, самостоятельной работе с интерактивными моделями, заданиями и тренажерами. Экспертная система позволяет оценивать успешность прохождения учебного материала, автоматически заполнять электронный журнал, размещенный в локальной или глобальной сети. Доступ к журналу имеют не только педагоги и учащиеся, но и родители. Обучающая среда может быть связана с системой мониторинга, которая обрабатывает данные электронного журнала, позволяет сопоставлять результаты обучения для отдельных учащихся, классов, школ.

Мультимедийный модуль компьютерной обучающей среды

В работе [2] в целях повышения эффективности обучения предлагалось формировать для каждого элемента содержания учебной дисциплины серии виртуальных учебных объектов (ВУО), относящихся к различным жанрам: видеофрагменты, анимации, модельные демонстрации и лабораторные работы, интерактивные задания и тренажеры. Сочетание различных жан-

ров, то есть представление учебной информации в различных формах, дает синергетический эффект, способствует лучшему пониманию, более глубокому усвоению материала учащимися и, как результат, повышению качества обучения.

С учетом широкого использования модульной структуры компьютерных учебных пособий, набор мультиплетов по некоторой теме можно назвать мультижанровым модулем. В нем каждый следующий объект представляет собой развитие и углубление предыдущего – как с точки зрения содержания, так и с точки зрения технологии представления информации и видов работы с ней. Желательно, чтобы такой модуль охватывал возможно большее число жанров, позволял рассмотреть явление всесторонне и поддерживал различные фазы обучения и различные формы учебной деятельности учащихся, усиливая за счет этого обучающий эффект.

Автором данной статьи разработан на основе моделирующей среды Stratum [4] комплекс виртуальных учебных объектов, включающий взаимно поддерживающие друг друга в ходе обучения интерактивные модели, задания и тренажеры, предназначенные для формирования представлений и знаний, а также выработки умений по теме «Дифракция Френеля». Одним из базовых объектов всех моделей, задач и репетиторов является спираль Френеля, на основе которой проводятся операции, позволяющие иллюстрировать понятия дифракции (модельная демонстрация) и выполнять интерактивные задания.

Состав мультижанрового модуля по дифракции Френеля

Рассмотрим состав модуля компьютерной обучающей среды по теме «Дифракция Френеля» курса оптики (рис. 1).

Дифракция Френеля

Карта понятий

Просмотр

Таблица знаний и умений

	Дифракция на круглых препятствиях	Принцип Гюйгенса-Френеля	Метод зон Френеля	Спираль Френеля
Наблюдать	Дифракционную картину на диафрагме, диске Видео	Волну вторичного источника интерференцию вторичных волн Видео	Зависимость освещенности от радиуса препятствия Текст	Число зон Френеля - в том числе четное или нечетное Модель
Определять, измерять	Минимум или максимум интенсивности света Текст		Число открытых зон: четное или нечетное Задание	Определять границы зон на спирали Френеля Тренажер
Отображать, строить	Амплитуду колебаний, интенсивность Текст		Зоны Френеля на волновом фронте Задание	Амплитуду световых волн в центре картины Тренажер
Применять теорию	Законы дифракции: тест в форме игры "крестики-нолики" Тест	Объяснять зависимость амплитуд и фаз волн от различных зон Задание	Рассчитывать амплитуду и интенсивность результирующего колебания в центре дифракционной картины Тренажер	Строить амплитуду светового колебания. Определять минимум или максимум интенсивности света Тренажер

Рис. 1. Заглавная страница мультижанрового модуля по теме «Дифракция Френеля»: его состав в форме таблицы формируемых знаний и умений

Содержание модуля отображено в таблице знаний и умений (рис. 1), где на пересечении строк и столбцов указаны загружающиеся по нажатию кнопок виртуальные учебные объекты – тексты, видеофрагменты, интерактивные модели, задачи и репетиторы, а также блок контроля.

Видеодемонстрации позволяют наблюдать дифракционную картину на круглых препятствиях (отверстии и диске), интерференцию вторичных волн, зависимость освещенности экрана от радиуса препятствия. Модели визуализируют на спирали Френеля амплитуды и фазы волн, пришедших от различных зон, то есть их вклады в результирующую волну, показывают, минимум или максимум интенсивности света наблюдается в центре дифракционной картины.

Интерактивный тренажер, который содержит десять многовариантных заданий типа репетиторов, позволяет формировать ряд важных знаний и умений:

- определять на спирали точки, соответствующие границам зон Френеля;
- строить векторы амплитуд волны для отдельных зон/полужон;
- находить суммарную амплитуду волны от проходящей через препятствие части волнового фронта;
- определять результирующую освещенность (дифракционный максимум или минимум).

Контроль знаний осуществляется в форме игры «Крестики-нолики» (рис. 8) с использованием тестовых заданий.

Модуль также включает в себя схему взаимосвязей основных элементов знания (рис. 2).

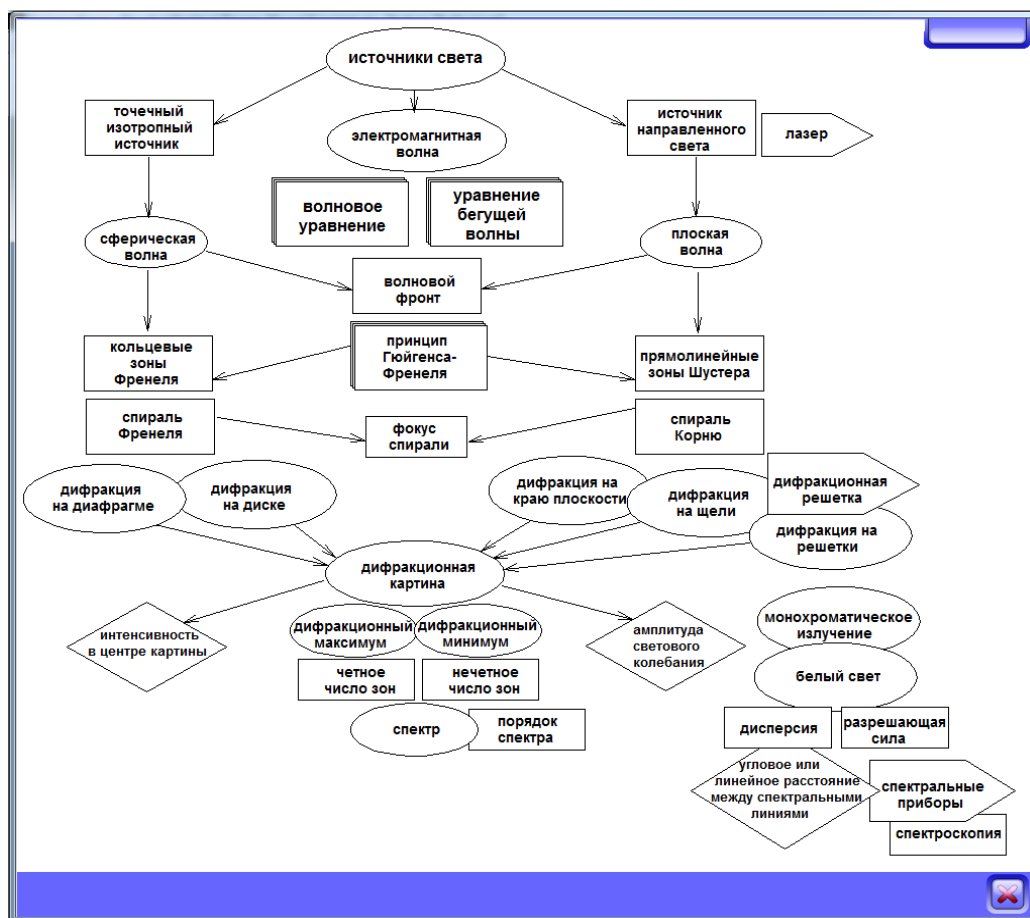


Рис. 2. Схема понятий по теме «Дифракция»

Овалы на рис. 2 соответствуют явлениям, малые прямоугольники – понятиям и величинам, большие – законам, пятиугольники – приборам и устройствам, ромбы – процедурам измерений либо вычислений. Идея такого подхода подробно изложена в статье [3].

Схема позволяет учащимся лучше уяснить взаимосвязи различных понятий, явлений, законов и свойств объектов, способствует систематизации знаний. Благодаря наличию на схеме элементов «Прибор или устройство», «Процедура измерения или вычисления», а также связи элементов схемы и таблицы с модельным контентом учебной среды можно рассчитывать на понимание соотношения между общетеоретическими и конкретно-практическими вопросами [5].

Структурированный таким образом учебный материал – с демонстрациями различного рода и тренажерами, с заданиями формирующего и контролирующего типа – должен, по замыслу, обеспечивать новое качество наглядности в комбинации с возможностью отслеживания интенсивности учебной деятельности.

Все ВУО, представленные в мультижанровом модуле нацелены на создание условий для самостоятельной, активной и творческой учебной деятельности. Часть из них содержит экспертную систему, которая анализирует действия учащегося, оценивает степень усвоения материала и сформированности знаний, умений и навыков, диагностирует совершаемые ошибки и генерирует контекстные реакции.

Интерактивные модели

Дифракцией в оптике называется совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями и связанных с отклонениями от законов геометрической оптики. Дифракция, в частности, приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени.

Три разработанные модели иллюстрируют наиболее абстрактное понятие теории дифракции – спираль Френеля, которая является средством визуализации метода зон для расчета дифракционной картины от осесимметричных препятствий. Спираль позволяет объяснить особенности дифракции волн на круглых преградах, например, диафрагме и диске.

Модель 1, представленная на рис. 3, демонстрирует зависимость интенсивности света в центре дифракционной картины от количества открытых *подряд* целых зон.

В левой части экрана изображена спираль Френеля, правее – схема виртуального эксперимента: источник волны S , сферическая волновая поверхность, разбитая на зоны Френеля, а также экран с приблизительным распределением его освещенности, позволяющим судить, что наблюдается в точке P – максимум или минимум.

Пользователь может открывать на волновом фронте для прохождения волны различное число зон Френеля и наблюдать отображение на спирали их вклада в суммарную амплитуду волны в точке наблюдения P . Синие векторы на рис. 3 изображают амплитуды от отдельных зон, красный вектор – суммарную амплитуду от всех открытых зон (строится только в случае, если все открытые зоны – смежные). Начало суммарного вектора находится в точке спирали, соответствующей первой открытой зоне, а конец «бежит» по спирали в направлении ее фокуса. Дифракционная картина на экране изображается символически как система чередующихся темных и светлых колец, причем в центре картины может быть как темное, так и светлое пятно. Соответственно, можно уяснить связь количества и номеров открытых зон с видом картины.

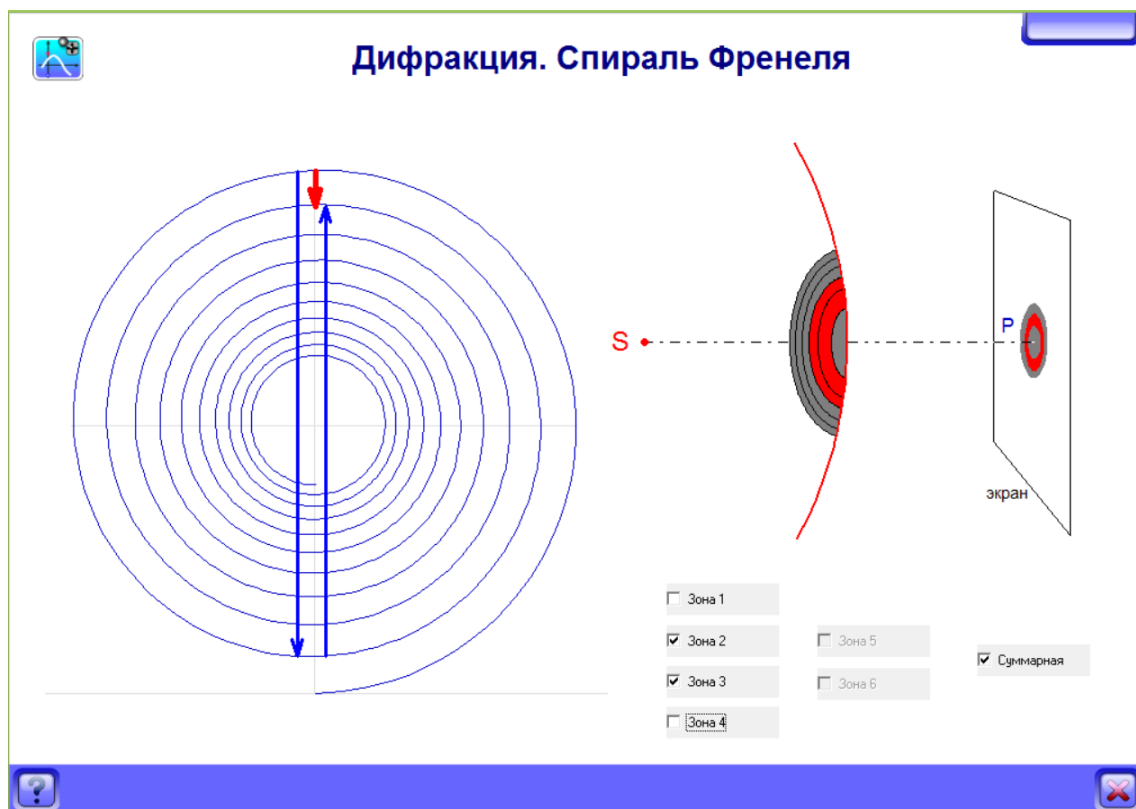


Рис. 3. Рабочее окно модели 1: на волновом фронте открыты вторая и третья зоны Френеля, в центре дифракционной картины – темное пятно

Состояние модели на рис. 3 соответствует ситуации в реальном эксперименте, когда центральную часть волны перекрывает непрозрачный диск размером в первую зону Френеля, а периферийную часть волны отсекает экран с диафрагмой, радиус которой равен внешнему радиусу третьей зоны Френеля. Таким образом, дифракционная картина формируется второй и третьей зонами Френеля, в центре картины реализуется минимум.

Развитием модели 1 являются модели 2 и 3. В них также иллюстрируется зависимость интенсивности света в центре дифракционной картины от количества и номеров открытых зон, но для более сложных случаев.

Отличие модели 2 (рис. 4) состоит в том, что зоны 1 и 2 разбиваются по их радиусу на внутреннюю и внешнюю полузоны, соответственно, появляются неколлинеарные векторы амплитуд. Это значит, что сдвиг фаз между волнами от соседних полузон равен $\pi/2$ радиан, между волнами от внешней половины второй зоны и от третьей зоны – $3\pi/4$ радиан. На рис. 3 все векторы были коллинеарны, сдвиг фаз для волн от соседних зон составлял π радиан (волны приходят в точку P в противофазе), поэтому они ослабляли друг друга (минимум дифракции).

В модели 3 суммарный вектор строится даже в том случае, если зоны открыты *не подряд* (рис. 5). Поскольку при этом возможно многократное увеличение суммарной амплитуды, используется спираль меньшего размера. Например, если открыты только нечетные зоны, то волны от всех зон приходят в точку P фазе и усиливают друг друга. На этом принципе основано действие зонной пластинки.

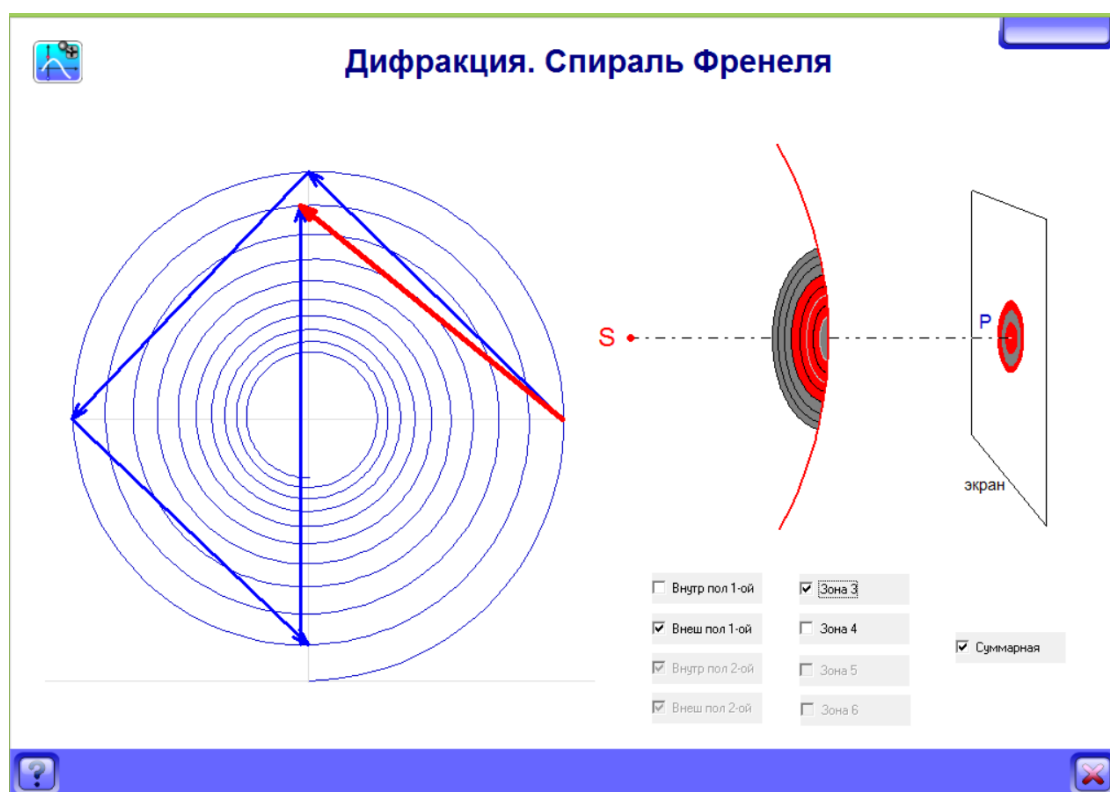


Рис. 4. Рабочее окно модели 2: открыты половина первой, вторая и третья зоны

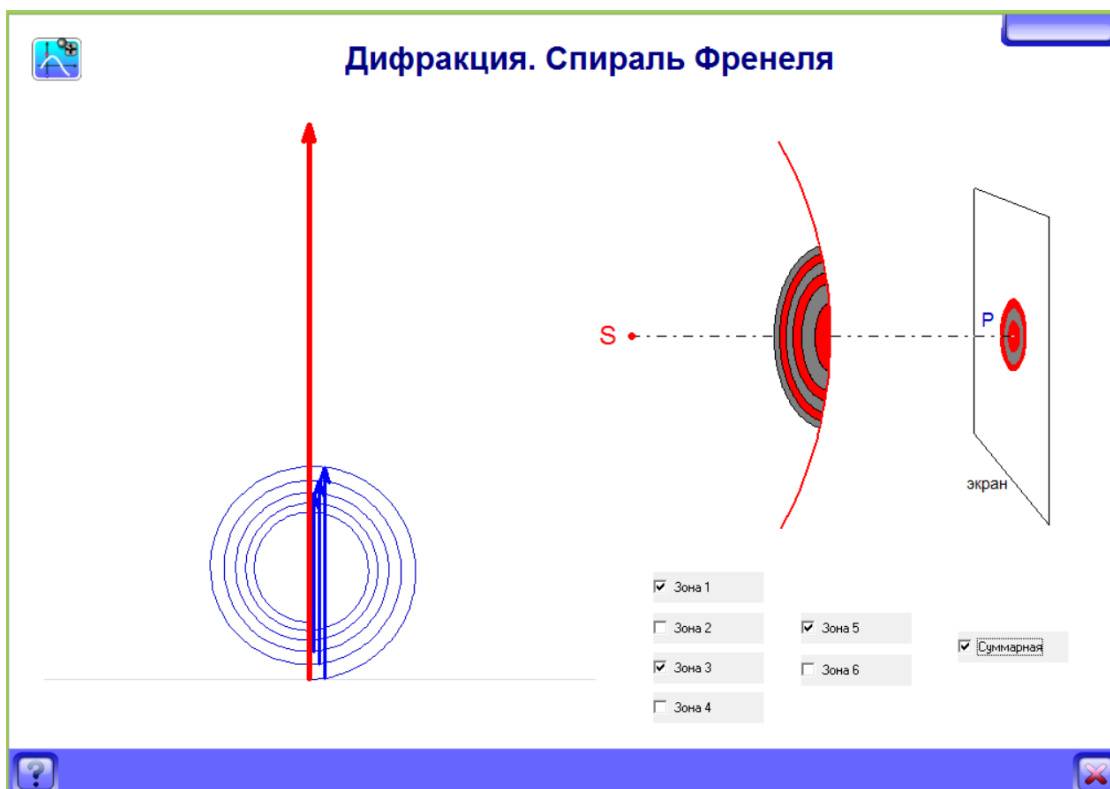


Рис. 5. Рабочее окно модели 3: иллюстрация работы зонной пластинки (открыты нечетные зоны), амплитуда в центре картины увеличена в 6 раз по сравнению со случаем распространения волны без использования препятствия

Интерактивные задания и тренажеры

Для улучшения понимания темы «Дифракция Френеля», облегчения восприятия и повышения эффективности обучения были разработаны три многовариантных интерактивных задания и интерактивный тренажерный комплекс.

Все три задания относятся к типу репетиторов: пользователь должен ответить на серию однотипных вопросов, но в разных ситуациях. Последовательное рассмотрение схожих, но различных ситуаций позволяет учащемуся уяснить систему получения ответа, а значит, улучшает понимание, закрепляет приобретенные умения, повышает качество усвоения материала.

Задания предназначены для отработки процедуры нахождения оптической разности хода волн от пары точечных источников (опыт Юнга) или пары зон Френеля на волновом фронте. В заданиях ставятся следующие вопросы:

- «Чему равна выраженная в длинах волны λ оптическая разность хода для изображенных лучей?» (рис. 6). Для ответа нужно проанализировать интерференционную картину, полученную в опыте Юнга, и положение точки наблюдения на экране, найти ответ и ввести число в соответствующее окно;
- «Чему равно изображенное синим отрезком расстояние от границы одной из зон Френеля до точки наблюдения P , выраженное через b и λ ?» (рис. 7). Для ответа нужно проанализировать картину распространения сферической волны с изображенными на волновом фронте зонами Френеля, построенными для точки наблюдения P , и ввести числовой ответ в соответствующее окно. Здесь S – точечный источник, a – радиус сферической поверхности, отрезок b – кратчайший от точки P до волнового фронта;

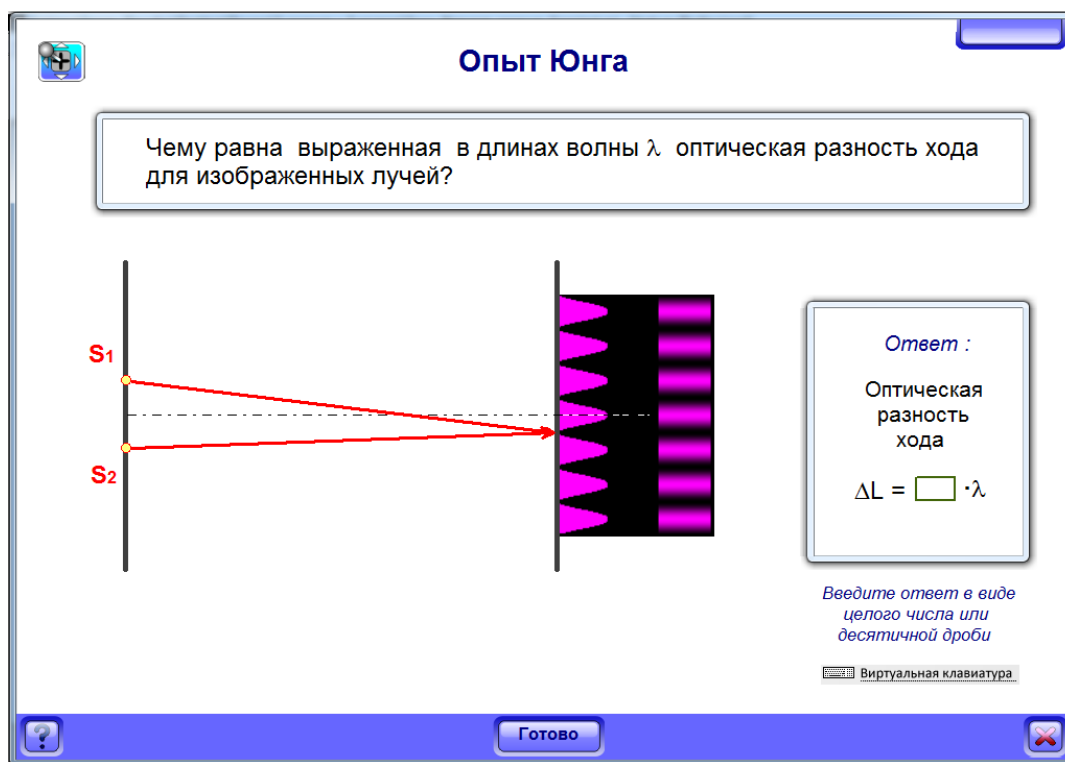


Рис. 6. Интерактивное задание по теме «Опыт Юнга»

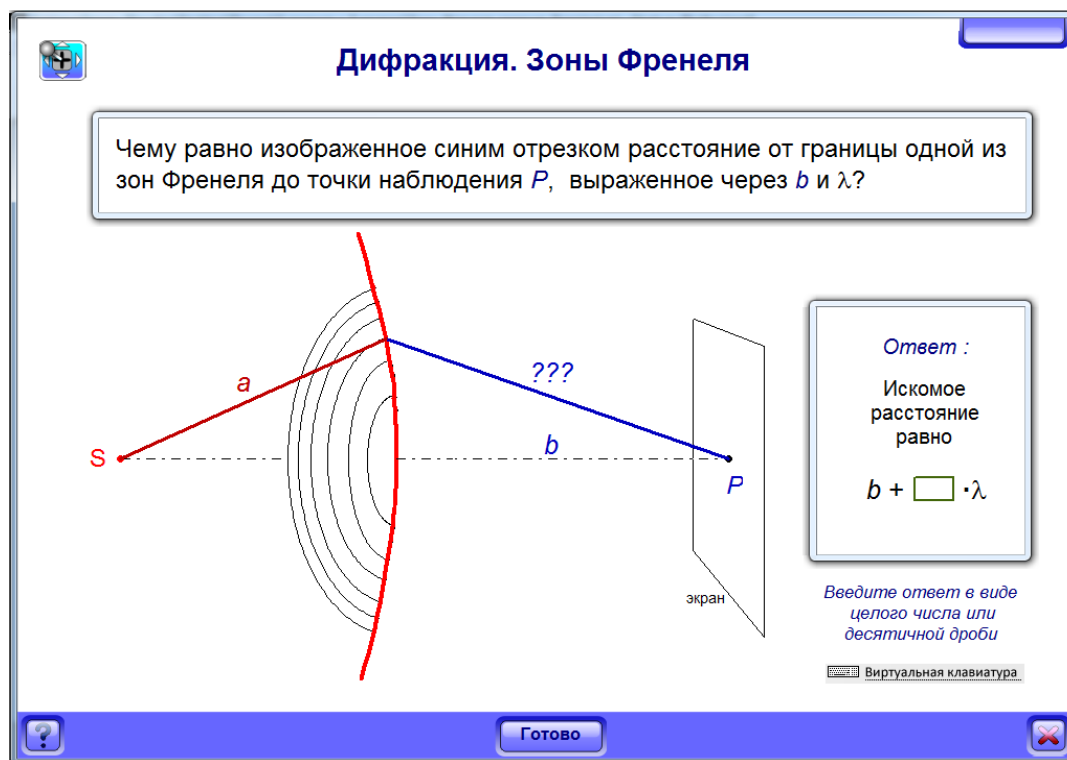


Рис. 7. Интерактивное задание 1 по теме «Зоны Френеля»

• «Чему равна разность хода до точки P от двух указанных синими отрезками границ зон Френеля?» (рис. 8). Для ответа нужно проанализировать картину распространения сферической волны с изображенными на волновом фронте зонами Френеля, построенными для точки наблюдения P , и ввести числовой ответ в соответствующее окно.

Рассмотрим принципы организации проектов, в которых реализованы эти задания.

Перед выводом условия на экран система с помощью генератора случайных чисел выбирает положение источников, вычисляет разность хода от них до точки наблюдения и строит на рисунке соответствующие отрезки (световые лучи). В первом задании всего имеется 15 альтернатив (во втором – 12, в третьем – 132), из которых случайным образом выбирается от четырех (если решение идет без ошибок) до десяти (если с переменным успехом) вариантов задания.

Когда ответ дан, пользователь нажимает кнопку *Готово*. Если сделана ошибка, ее можно исправить и получить следующий вариант задания. Окончание тренинга наступает, когда

- решено правильно 4 варианта подряд без использования подсказок;
- решено 10 вариантов с переменным успехом (не было 4 правильных ответов подряд);
- 3 раза подряд учащимся был дан неверный ответ на один и тот же вопрос.

В ходе тренинга экспертная система отслеживает:

- вариант решаемого задания;
- правильность ответа; если ответ верный, этот вариант больше не используется;
- количество вариантов, решенных с подсказками;
- количество вариантов, решенных без подсказок.

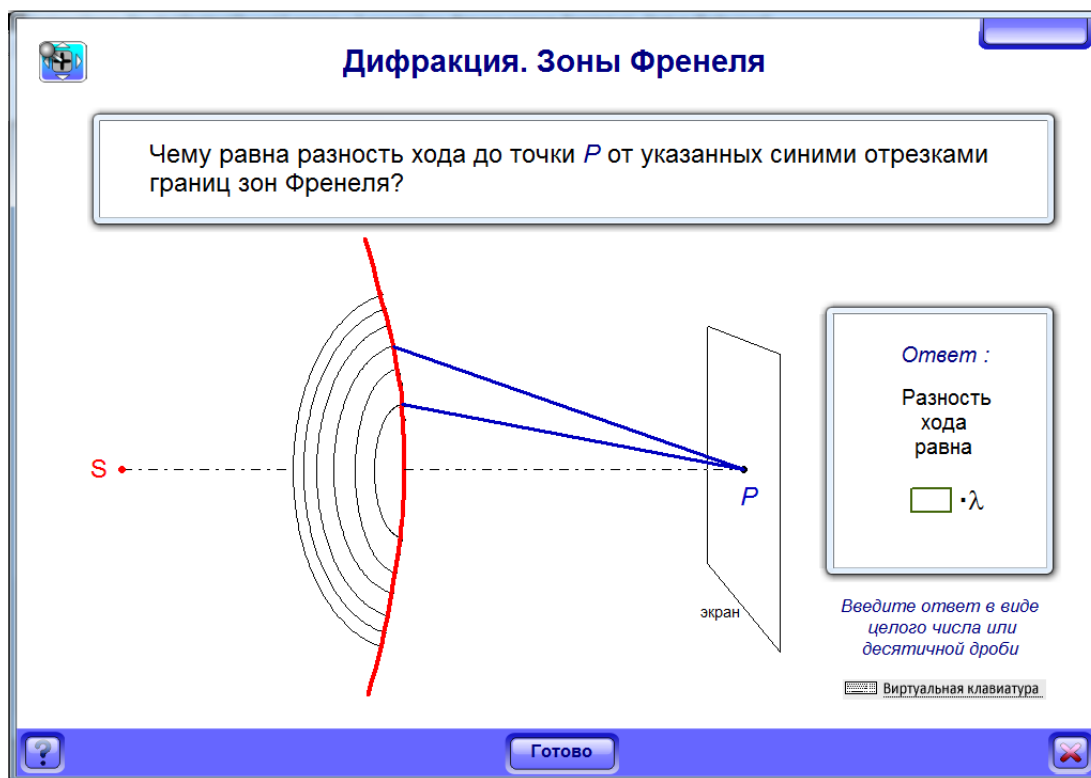


Рис. 8. Интерактивное задание 2 по теме «Зоны Френеля»

Предусмотрены следующие реакции экспертной системы на действия пользователя:

- 1) числовой ответ должен быть введен в соответствующем окне; если иначе – реакция: «Введите ответ в виде целого числа или десятичной дроби»;
- 2) введенный ответ должен быть верным; если так – реакция: «Ответ правильный», иначе – «Ответ неправильный»;
- 3) если даны 4 правильных ответа подряд без использования подсказок, тренинг заканчивается; иначе – решение продолжается, максимум до 10 вариантов;
- 4) если использованы 3 подсказки подряд в одном варианте, реакция: «Неверно. Решите другой вариант»;
- 5) если условие задания менялось 3 раза из-за неправильных ответов, реакция: «Неверно. Процедура не усвоена. Разберитесь с теорией»;
- 6) если ученик не смог решить безошибочно 4 варианта подряд, но всего решил 10 вариантов, сообщение о правильном или неправильном конечном ответе с дополнением: «Количество использованных подсказок ... Решено без ошибок ...».

Интерактивный тренажер «Спираль Френеля» состоит из 10 заданий типа репетиторов, каждое из которых представляет собой развитие предыдущего, и итоговый тест. Тренажер позволяет отрабатывать умения, связанные с использованием метода зон Френеля при расчете дифракционной картины от осесимметричных препятствий.

Назначение первых двух заданий, интерфейс которых представлен на рис. 9, – отработка представлений о принципах разбиения волнового фронта на зоны Френеля и об имеющихся между испущенными ими волнами сдвигами фаз.



Рис. 9. Рабочее окно задания 1 тренажера «Спираль Френеля»: указание границы зон

На спирали выделены точки, которые можно выбирать с помощью мыши. Когда точка выбрана, она подсвечивается желтым цветом (рис. 9). Для решения предлагается один из вариантов задания: укажите на спирали Френеля точку, соответствующую ...

- центру 1-й зоны (нижняя точка спирали);
- границе 1-й и 2-й зон;
- границе 2-й и 3-й зон и так далее;
- ... границе 8-й и 9-й зон;
- полностью открытому волновому фронту (фокус спирали).

Условие формируется следующим образом: с помощью генератора случайных чисел выбирается номер зоны – от 1 до 8, либо центр первой зоны, либо бесконечное число зон. Всего имеется 10 вариантов задания, из которых случайным образом предлагается для решения от четырех (если решение идет без ошибок) до восьми (если с переменным успехом) вариантов. Вариант с бесконечным числом зон обязательно предъявляется после трех безошибочных ответов подряд или при решении восьмого варианта.

Когда ответ дан, пользователь нажимает кнопку *Готово*. Если сделана ошибка, ее можно исправить и получить следующий вариант задания. Алгоритм работы экспертной системы и критерий окончания тренинга (максимум – до восьми вариантов) аналогичны описанным выше.

Экспертная система задания 1 контролирует, что:

1) на спирали выбрана какая-либо точка; если иначе – реакция: «Укажите на рисунке точку, соответствующую заданию»;

2) на спирали указана точка, соответствующая заданию; если иначе – реакция: «Внешняя граница каждой зоны расположена от точки наблюдения на полволны дальше, чем внутренняя. Значит фаза волны отличается на π , чему на спирали соответствует половина ее витка»;

3) центру первой зоны соответствует начальная (нижняя) точка спирали; если иначе – реакция: «Центру первой зоны соответствует начальная точка спирали»;

4) полностью открытому волновому фронту соответствует центральная точка спирали; если иначе – реакция: «Полностью открытому волновому фронту соответствует фокус спирали (центральная точка)»;

5) даны три ответа подряд без использования подсказок; если иначе – ученик решает восемь заданий или пока не даст три правильных ответа подряд без подсказок;

6) использованы три подсказки подряд; если так – реакция: «Неверно. Решите другой вариант»;

7) условие задания менялось три раза из-за неправильных ответов; если так – реакция: «Неверно. Процедура не усвоена. Разберитесь с теорией»;

8) ученик не решил три задания подряд, но решил в сумме восемь заданий; если так – реакция: «Ответ правильный. Количество использованных подсказок ... Решено без ошибок ...».

Задание 2 отличается тем, что требуется указать внешнюю или внутреннюю границу указанной зоны; варианты центра первой зоны и полностью открытого волнового фронта (бесконечное число зон) также используются с целью повторения.

Содержание остальных заданий:

- задание 3: изобразить на спирали Френеля вектор амплитуды волны от заданной зоны;
- задание 4: изобразить вектор амплитуды волны от заданной полузоны;
- задание 5: построить векторы амплитуды волн от двух смежных полузон и вектор суммарной амплитуды;
- задание 6 (рис. 10): построить векторы амплитуды волн от двух смежных целых зон и вектор суммарной амплитуды;
- задание 7: построить вектор суммарной амплитуды для волн от нескольких смежных зон;
- задание 8: построить результирующую амплитуду волны, когда небольшой диск закрывает для точки наблюдения первые несколько зон Френеля («пятно Пуассона»);
- задание 9: построить суммарную амплитуду прошедшей волны, если препятствие открывает несколько зон подряд, но часть центральных зон закрыта, и ответить на вопрос – минимум или максимум наблюдается в центре картины;
- задание 10: построить суммарную амплитуду прошедшей волны, если препятствие открывает зоны не подряд, и ответить на вопрос – минимум или максимум наблюдается в центре картины.

Таким образом, тренажер в целом позволяет формировать умения:

- определять на спирали точки, соответствующие границам зон Френеля;
- строить векторы амплитуд волны для отдельных зон/полузон;

- находить суммарную амплитуду волны от проходящей через препятствие части волнового фронта;
- определять результирующую освещенность (дифракционный максимум или минимум).



Рис. 10. Рабочее окно задания 6 тренажера «Спираль Френеля»: расчет суммарной амплитуды пары зон

Реализация игрового компонента модуля курса для контроля усвоения

Игровое обучение – это форма учебного процесса в условных ситуациях, направленная на усвоение и воссоздание знаний, умений и навыков [6]. Отличается от классического обучения тем, что игра является привычной формой деятельности человека вне зависимости от возраста. В игре легче преодолеваются препятствия, трудности и психологические барьеры, но при этом игровое обучение требует устремленности, воображения и творческого подхода [7]. Игровое обучение имеет соревновательный аспект, так как часто основано на групповой деятельности.

В результате использования подобных форм контроля знаний и умений раскрываются индивидуальные особенности учащихся, повышается уровень подготовки, что позволяет своевременно устранять недостатки и пробелы в знаниях учащихся [6].

Разработанный игровой компонент по теме «Дифракция Френеля» реализован в форме игры «Крестики-нолики» (рис. 11, 12).

Играют два игрока или две команды: один – за «крестики», другой – за «нолики».

Для того чтобы получить право поставить в таблицу «крестик» или «нолик», предварительно нужно ответить на вопрос по теме «Дифракция». Ответивший неверно пропускает ход.

В самом начале игры происходит выбор, кто ходит первым, «крестики» или «нолики» с помощью соответствующих CheckBox, после чего нажимается кнопка «Старт». Чтобы поставить в таблицу «крестик» или «нолик», достаточно кликнуть мышью на нужной ячейке, после выводится окно с вопросом. Один из таких вопросов представлен на рис. 12.

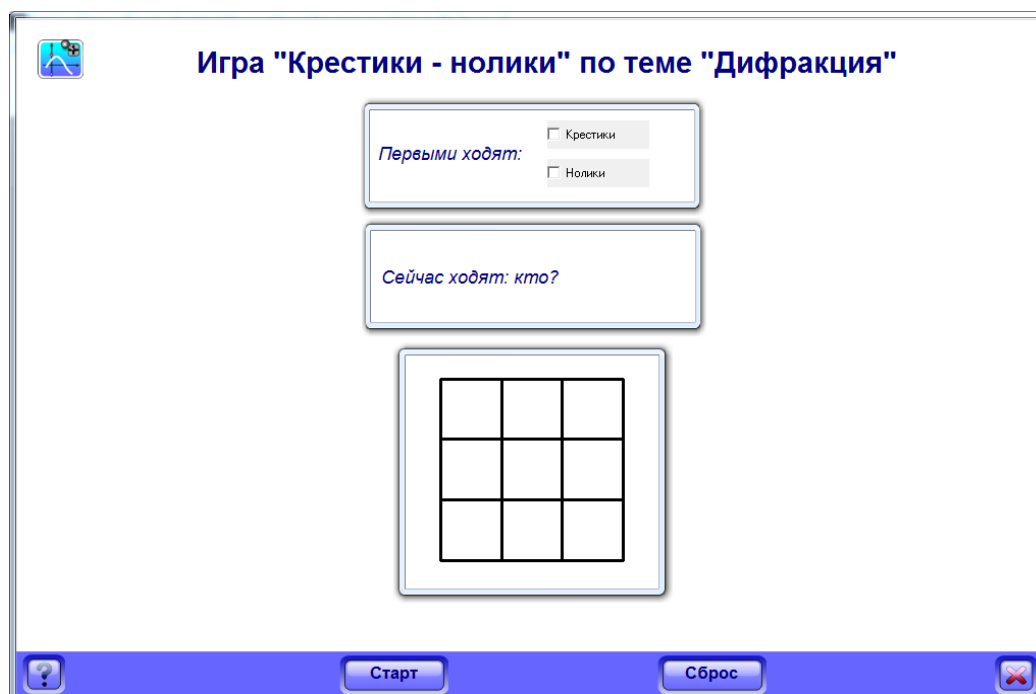


Рис. 11. Контроль знаний в форме игры «Крестики-нолики»

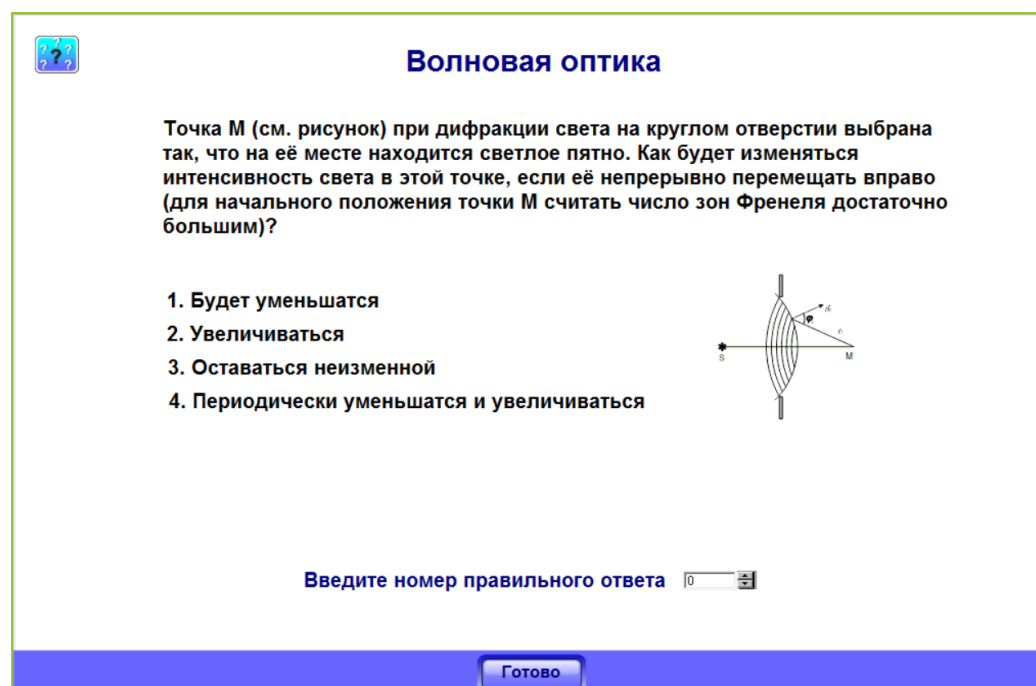


Рис. 12. Задание из базы игры «Крестики -нолики»

Проект игры «Крестики-нолики» имеет собственную экспертную систему. Игровое поле состоит из клеток, клетка – это отдельный объект в виде квадрата. Если «клик» совершен по полю, то система автоматически определяет, над каким именно объектом было совершено это действие, и при этом запоминает, кто в данный момент делает ход, «крестики» или «нолики», после чего случайным образом выводит вопрос из тематической базы. Количество таких вопросов и их тематика могут быть различными. То есть игра может быть организована на любом материале, в том числе не относящемся к физике.

Для ответа на вопрос нужно выбрать вариант ответа либо ввести его в виде числа или слова, затем нажать кнопку *Готово*. Если участник игры ответил на вопрос правильно, появляется соответствующее сообщение, и «крестик» или «нолик» выставляются в ячейку на которой был сделан клик. В случае неверного ответа ячейка остается пустой, то есть игрок пропускает ход. Вопрос, на который был дан правильный ответ, исключается из дальнейшей игры.

Экспертная система отслеживает каждый ход участников игры и отображает в окне над игровым полем того, кто должен ходить. Контролируется правильность выполнения ходов (например, нельзя ставить «крестик» в клетку, где уже есть «нолик») и процесс заполнения ячеек игрового поля, на котором располагаются «крестики» и «нолики». После выявления победителя игра заканчивается.

Учебный процесс, который опирается на игровое обучение, позволяет включать в процесс обучения целые группы учащихся. В игре участники начинают действовать так, как действовали бы в экстремальных ситуациях из-за соревновательного момента, и этот уровень активности достигается без принуждения, – добровольно [7].

Использование мультижанрового модуля при обучении

Разработанный нами мультижанровый комплекс виртуальных учебных объектов, включающий интерактивные модели, репетиторы, тренажер и блок контроля игровой формы по теме «Дифракция Френеля», можно использовать для сопровождения:

1) теоретических занятий в форме лекций – благодаря наличию в его составе интерактивных моделей типа демонстраций, позволяющих формировать представления об абстрактных понятиях (оптическая разность хода, зоны Френеля с их свойствами – изменением амплитуд, фазовыми сдвигами, спираль Френеля) и инструментах формализации физического знания (метод графического сложения амплитуд);

2) занятий по решению задач, в том числе в индивидуальном режиме – благодаря наличию интерактивных репетиторов и тренажеров, позволяющих формировать знания (разность хода, сдвиги фаз, условия реализации максимумов или минимумов дифракции) и умения (определение разности хода волн, определение на спирали Френеля границ зон, построение амплитуд волн от разных зон и суммарной амплитуды);

3) занятий контроля знаний по теме в игровой форме.

Работоспособность разработанных виртуальных учебных объектов проверена в ходе реальных занятий по дисциплине «Оптическая физика» в Пермском политехническом университете со студентами направления подготовки 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика». По отзывам студентов, использованные объекты повысили степень наглядности сложного учебного материала, помогли уяснению содержания новых понятий и усвоению процедур, выполняемых при ре-

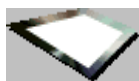
шении задач. Добавим, что на основе разработанных моделей, в принципе, могут быть поставлены и несложные лабораторные работы.

Итак, мультижанровый обучающий модуль, как и полнофункциональная виртуальная среда обучения [1] в целом, позволяет осуществлять компьютерную поддержку, в принципе, всех форм организации занятий и всех видов учебной деятельности, повышая эффективность обучения. При условии системного использования интерактивных виртуальных учебных объектов, в том числе в индивидуальной работе, виртуальная учебная среда может значительно повысить эффективность традиционной методики обучения при сохранении ее основных принципов.



Список литературы

1. Баяндин Д.В. Модульная педагогическая технология и вариант ее реализации на основе ресурсоизбыточной среды компьютерной поддержки обучения // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 1. – С. 214–220.
2. Баяндин Д.В. Мультиплетная структура виртуальной среды обучения // Образовательные технологии и общество. – 2013. – № 3. – С. 465–487.
3. Баяндин Д.В., Мухин О.И. Структурно-логическая модель школьного курса физики в электронных средствах образовательного назначения // Вест. Перм. гос. гуманит.-пед. ун-та. Сер. «Информационные компьютерные технологии в образовании». – Пермь, 2013. – С. 28–44.
4. Мухин О.И., Мухин К.О., Полякова О.А. Среда проектирования, технологии обучения и модели знаний // Открытое и дистанционное образование. – 2010. – Т. 1. – № 37. – С. 54–58.
5. Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В. Виды компьютерных моделей и направления использования в обучении физике // Вест. Том. гос. пед. ун-та. – Томск, 2010. – № 4. – С. 118–123.
6. Соловьев И.В. Инкрементная компьютерная деловая игра как технология обучения // Интеграция образования. – 2015. – № 2. – С. 48–57.
7. Тымченко Е.В., Скотников И.И. Модели компьютерной деловой игры как инструмент обучения // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 76–80.



УДК 53 (072.3)

*Е.В. Оспенникова,
М.Г.Ершов,
А.А. Оспенников*

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ

Обсуждается проблема внедрения образовательной робототехники в практику работы средних общеобразовательных школ России. Отмечается, что развитие технического творчества учащихся по робототехнике преимущественно осуществляется в системе дополнительного образования. Практика внедрения робототехники в учебный процесс пока находится в начальной стадии своего становления и далеко не всегда является эффективной. В настоящем исследовании образовательная робототехника рассматривается как средство реализации политехнической направленности учебного процесса. Обосновывается возможность ее применения в качестве специальной технологии обучения на занятиях по предметам естественно-математического цикла. В структуре данной технологии выделены три направления профессиональной деятельности учителя: робототехника как объект изучения, как инструмент познания, как средство обучения, развития и воспитания учащихся. В статье раскрывается содержание деятельности учителя по каждому направлению. Приведены результаты опытно-поисковой работы, связанной с применением данной технологии при обучении физике.

К л ю ч е в ы е с л о в а : образовательная робототехника; технология обучения; обучение физике, робототехника в учебном физическом эксперименте, учебные модули по робототехнике; учебные проекты.

Инновационные преобразования современной техносреды и обновления технической деятельности социума непременно должны находить отражение в содержании школьного образования. Обучение следует ориентировать на формирование знаний, умений и компетенций, позволяющих молодому поколению быть успешно интегрированным в современные социотехнические системы, эффективно поддерживать и развивать научно-технический потенциал общества. Содержание политехнического обучения в связи с этим должно включать разделы, связанные с направлениями технической инноватики. Одним из таких направлений является роботостроение.

В мировой системе образования робототехника функционирует более 15 лет. Активность российских школьников в робототехническом творчестве существенно возросла лишь в последние 7–8 лет. Опыт организации занятий по робототехнике нашел отражение в публика-

циях учителей и педагогов дополнительного образования, методистов, а также инженеров, занимающихся популяризацией этой области технического знания. Образовательная робототехника рассматривается как средство формирования инженерного мышления школьников, развития их интереса к техническому творчеству, ориентации на выбор инженерных профессий и рабочих специальностей. Однако разработанные для занятий по робототехнике учебные материалы ориентированы преимущественно на поддержку системы дополнительного образования детей.

Ограничение занятий по робототехнике сферой внеучебной работы не способствует полноценному решению задач политехнического образования. Этот подход не соответствует нарастающим изменениям современной техносреды, обусловленным стремительным развитием роботостроения. Роботы уже стали ее неотъемлемой частью. Развивается производство и осуществляется массовое внедрение робототехнических систем (РТС) в различные сферы социальной практики (промышленность, военное дело, науку и культуру, сервис и быт). Формируется новая роботизированная инфраструктура, следствием возникновения которой станут глобальные социокультурные преобразования [13]. Человек перестанет делать все то, что является опасным для его здоровья, передаст роботам службы, которые он выполняет менее эффективно, а также работу, которой он просто не хочет заниматься (Я. Ноф) [8]. Изменения будут носить масштабный характер, сравнимый с научно-технической революцией, определившей начало эры информатизации. Будет востребован следующий за IT-компетентностью уровень развития технической культуры человека, определяемый условиями его жизни в роботизированной техносреде [11; 12].

Выпускника современной школы необходимо подготовить к жизнедеятельности в этой среде. В связи с этим перед средней школой должны быть поставлены новые и весьма сложные образовательные задачи:

- 1) обновление содержания политехнической подготовки учащихся с учетом такого направления технической инноватики, как робототехника;
- 2) целенаправленная подготовка будущих потребителей услуг роботизированной среды;
- 3) пропедевтика подготовки будущих производителей роботизированных систем (*инженеров-исследователей, инженеров-конструкторов, инженеров-технологов*) [19].

Знание основ робототехники должно стать базовым элементом образования молодежи и войти в содержание учебных программ средней школы. Соответствующие решения на государственном уровне уже принимаются в ряде стран мирового сообщества. Так, для систем образования США и Великобритании являются приоритетными задачи подготовки школьников (и даже детей дошкольного возраста) в области информатики и робототехники, формирования их готовности к выполнению различных технических проектов [14].

В российской системе образования преимущественно развивается конкурсная и соревновательная робототехника, организуются тематические мероприятия, в которых принимают участие лишь увлеченные техническим творчеством школьники [2; 9; 15]. Пока только в отдельных школах некоторых регионов России курсы по образовательной робототехнике включены в программу обучения. Как правило, это курсы по выбору или факультативы.

В 2014 г. началась реализация «Комплексной программы развития образовательной робототехники и непрерывного IT-образования в Российской Федерации» (2014–2020 гг.). Одно из направлений этой программы связано с систематизацией и обобщением опыта преподавания робототехники. Поставлена задача формирования единой концепции внедрения образовательной

робототехники в учебный процесс средней общеобразовательной школы. Стало очевидным, что устойчивые образовательные результаты в данной области инженерной подготовки учащихся могут быть обеспечены только за счет ее включения в систему основного обучения.

Способы интеграции робототехники как области знаний в содержание учебного процесса в средней школе в настоящее время не вполне определены. Это новое направление теории и методики политехнического обучения. В его разработке должны быть учтены специфика робототехнических систем как новых и значимых по масштабам распространения объектов техносреды, возможности различных областей предметного знания в их изучении, особенности школьного образования разных уровней и профилей, а также познавательный потенциал учащихся в освоении различных элементов этой области технической инноватики.

Задачами нашего исследования являлись разработка и апробация в условиях опытно-поисковой работы *системного подхода* к организации изучения учащимися основ робототехники на занятиях по физике. Робототехника в рамках этого подхода рассматривалась как элемент в системе реализации политехнической направленности учебного процесса. Анализ и обобщение первых отечественных разработок (Л.Г. Белиовская [1], Д.Г. Копосов [7], В.Н. Халамов [16] и др.), публикаций ряда зарубежных исследователей [17, 18, 20], а также результатов поискового педагогического эксперимента, проведенного авторами настоящей статьи [12], позволяют рассматривать робототехнику как специальную технологию обучения. В структуре этой технологии мы выделили три составляющие. Робототехника может быть представлена в учебном процессе по предмету:

- 1) как объект изучения,
- 2) как инструмент познания,
- 3) как средство обучения, развития и воспитания учащихся [3; 4; 5; 12; 19].

Предложенный в настоящем исследовании подход к внедрению робототехники в учебный процесс апробирован в средних общеобразовательных школах г. Перми. Для обучения был разработан курс по выбору для учащихся основной школы (7–9 классы), связанный с освоением робототехники как области прикладного технического знания. Данный курс был предназначен для предпрофильной подготовки учащихся по физике. Экспериментальная работа проводилась в течение трех лет. В качестве средства дидактического сопровождения курса были разработаны тематические образовательные модули, включающие комплекты учебных и методических материалов. Это материалы для:

- изучения физических основ элементной базы роботов,
- постановки демонстрационного роботизированного физического эксперимента,
- демонстрации роботизированных моделей технических объектов как иллюстраций технических приложений физики,
- проведения роботизированных лабораторных работ по физике разного уровня сложности,
- организации проектной работы учащихся по робототехнике.

В каждый модуль помимо учебных текстов, инструктивных материалов и методических рекомендаций учителю были включены фото- и видеоматериалы по сборке и демонстрации роботизированных устройств, а также управляющие компьютерные программы, обеспечивающие их работу. Содержание элементов каждого модуля тесно связано с программой основного курса

физики и нацелено на расширение и углубление предметных знаний и умений учащихся. Робототехника в учебных материалах курса по выбору представлена как область технических приложений физической науки и инструмент современной технологии научного познания. В ходе обучения осуществлялись межпредметные связи курсов физики, математики, информатики и технологии.

Рассмотрим ключевые вопросы методики применения робототехники в учебном процессе по физике в рамках указанных направлений (*робот как объект изучения, робот как инструмент познания, робот как средство обучения, развития и воспитания*).

I. Робот как объект изучения

Для позиционирования робототехники в учебном процессе в качестве объекта познания необходимо было в первую очередь разработать программу обучения. В структуре такой программы были выделены две составляющие: *система знаний о робототехнике* как области технического знания и соответствующий этой системе *опыт учебной деятельности*. Первая составляющая связана с рассмотрением физических основ функционирования «готовых» робототехнических систем, применяемых в различных сферах жизни общества, вторая – с изучением базовых элементов технологии применения РТС в изучении конкретного предмета и методологии их создания, а также с овладением учащимися начальными умениями и навыками проектирования и конструирования простейших роботов. Отметим, что вторая составляющая программы обучения включает организацию учебной деятельности школьников в области технического творчества на проектном, исследовательском или проектно-исследовательском уровнях.

Указанные составляющие учебной программы должны стать объектом освоения в рамках различных предметов учебного плана (физики, математики, информатики, технологии и др.). Необходимо в каждом случае уточнить возможные уровни глубины и полноты освоения школьниками основ робототехники. В нашем исследовании на его настоящем этапе решение этих задач было связано с организацией учебного процесса по физике. Основу решения составил анализ:

- физических принципов функционирования его элементной базы, а также возможностей школьного курса физики для их изучения;
- роботизированного учебного эксперимента и его применения в обучении;
- технологий моделирования и конструирования робототехнических устройств и возможностей организации данных видов деятельности в рамках учебного процесса по предмету.

Рассмотрим результаты данного анализа.

1. Изучение физических основ функционирования робототехнических систем.

Ключевыми принципами отбора материала для учебной программы стали доступность его освоения учащимися и обеспечение целостности формирования у них представлений о робототехнике как объекте современной техносреды. В программу обучения были включены следующие вопросы:

- 1) сведения по истории роботостроения и перспективам его развития, место и роль робототехнических систем в современной техносреде;

2) основы философии и методологии робототехники (общей, специальной): понятие «робот», отличительные признаки робота как технического объекта, виды роботов, законы робототехники;

3) начала робототехники: кибернетическая модель робота, основные подходы к проектированию РТ-систем, компьютерное и натурное моделирование роботов на основе специализированного программного обеспечения (ПО) и наборов для конструирования РТС;

4) современные решения и технологии в области конструирования и программирования роботов: обеспечение физических манипуляций робота и таких его свойств как «осязание», «обоняние», «зрение», «слух», «речь», «память», «нервная система», искусственный интеллект; проектирование групповых роботов (распределенных робототехнических систем) и применение различных средств связи с целью организации их взаимодействия; моделирование и программное обеспечение гуманоидных роботов.

Робот с точки зрения теории управления включает три основные системы (рис. 1):

1) систему управления (микроконтроллеры, микропроцессоры, компьютеры и дополнительная аппаратная техника);

2) систему исполнения (приводы, промежуточные передачи, рабочие органы);

3) систему сбора данных для обеспечения обратной связи (датчики различных типов и видов) [12].

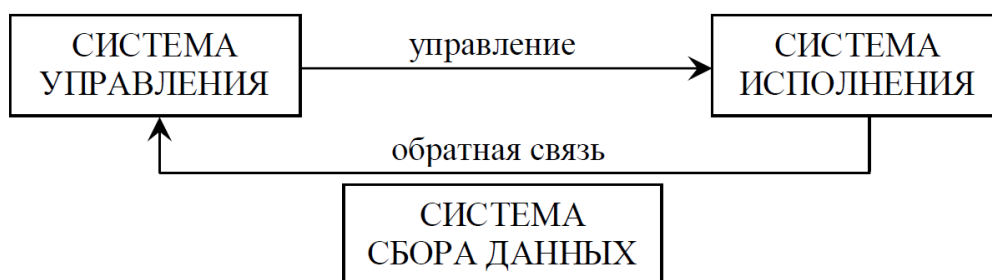


Рис 1. Кибернетическая модель робота

Каждая из систем реализуется с помощью собственной элементной базы. Основная часть явлений и законов, обеспечивающих работу этой базы, изучается в рамках предметов естественно-математического цикла и образовательной области «Технология». Это позволяет вполне успешно иллюстрировать технические приложения различных областей науки на примере создания и функционирования разнообразных робототехнических систем.

В ходе исследования были проанализированы состав и принципы действия основных устройств, реализующих работу каждой системы кибернетической модели робота. В итоге для учителей физики были составлены таблицы с указанием основных физических явлений и законов, на основе которых может быть раскрыт принцип работы этих устройств. Определены соответствующие темы курса физики, в которых такие устройства могут изучаться как примеры технических приложений науки. Пример одной из таблиц приведен ниже.

Таблица

Изучение исполнительных устройств робота в школьном курсе физики

	<i>Элемент робота</i>	<i>Физическое явление, закон, объект техники</i>	<i>Тема курса физики</i>	<i>Класс</i>
1	2	3	4	5
Приводы	Электродвигатель	Электродвигатель постоянного тока	Электромагнитные явления	8
		Шаговый электродвигатель	Электромагнитные явления	8, 11
		Вибродвигатель	Электромагнитные явления	8
		Электродвигатель переменного тока	Производство, передача и использование электрической энергии	11
	Гидравлический привод	Закон Паскаля, гидравлический пресс	Давление твердых тел, жидкостей и газов	7
	Пневматический привод	Закон Паскаля	Давление твердых тел, жидкостей и газов	7
Промежуточные передачи	Передачи зацеплением	Изменение угловой скорости вращения	Кинематика движения по окружности. Вращение твёрдого тела.	9
	Передачи трением	Трение покоя	Силы в механике. Сила трения	7, 9
	Рычаги, блоки, винтовая и червячная передачи	Золотое правило механики	Простые механизмы	7
	Опоры: шарнир, подшипник, шаровая опора и др.	Трение скольжения, качения. Вязкое трение	Силы в механике. Сила трения	7, 9
	Сложные механизмы	Прямолинейное и криволинейное движение	Кинематика	7, 9, 10
Рабочие органы	Генератор постоянного тока	Явление электромагнитной индукции	Производство, передача и использование электроэнергии	8
	Манипуляторы, захваты, держатели, колеса, гусеницы	Движение по прямолинейной и криволинейной траектории. Механизмы захвата и удержания тел	Кинематика. Динамика (силы)	7, 9, 10

В каждой из систем кибернетической модели робота может быть выделено несколько «линий» изучения. Приведем примеры отдельных линий:

1) *система управления* → аппаратная часть → центральное устройство → микропроцессор → ... и т. д.;

2) *система исполнения* → приводы → электрические приводы → шаговый, вибрационный и др.;

3) *система сбора данных* для обеспечения обратной связи → параметрические датчики → датчики температуры → терморезистор, пирометр, акустический датчик и др. (рис. 2).

Отметим, что системы кибернетической модели робота могут иметь в ряде случаев весьма длинные «линейки» уровней реализации (например, система управления). Разветвленная цепь «линий» элементной базы кибернетической модели робота образует его своеобразную «корневую» систему и обеспечивает весь его функционал. *Физические основы работы этой системы и есть предмет изучения на занятиях по физике.*

Проникновение в «глубины» научных основ робототехники определяется степенью готовности учащихся к этой деятельности. Согласно принципу доступности при организации экспериментального обучения был осуществлен уровневый поход к изучению робота как сложного кибернетического и технического объекта. В каждой «линейке» элементной базы робота можно выделить четыре уровня изучения (рис. 2).

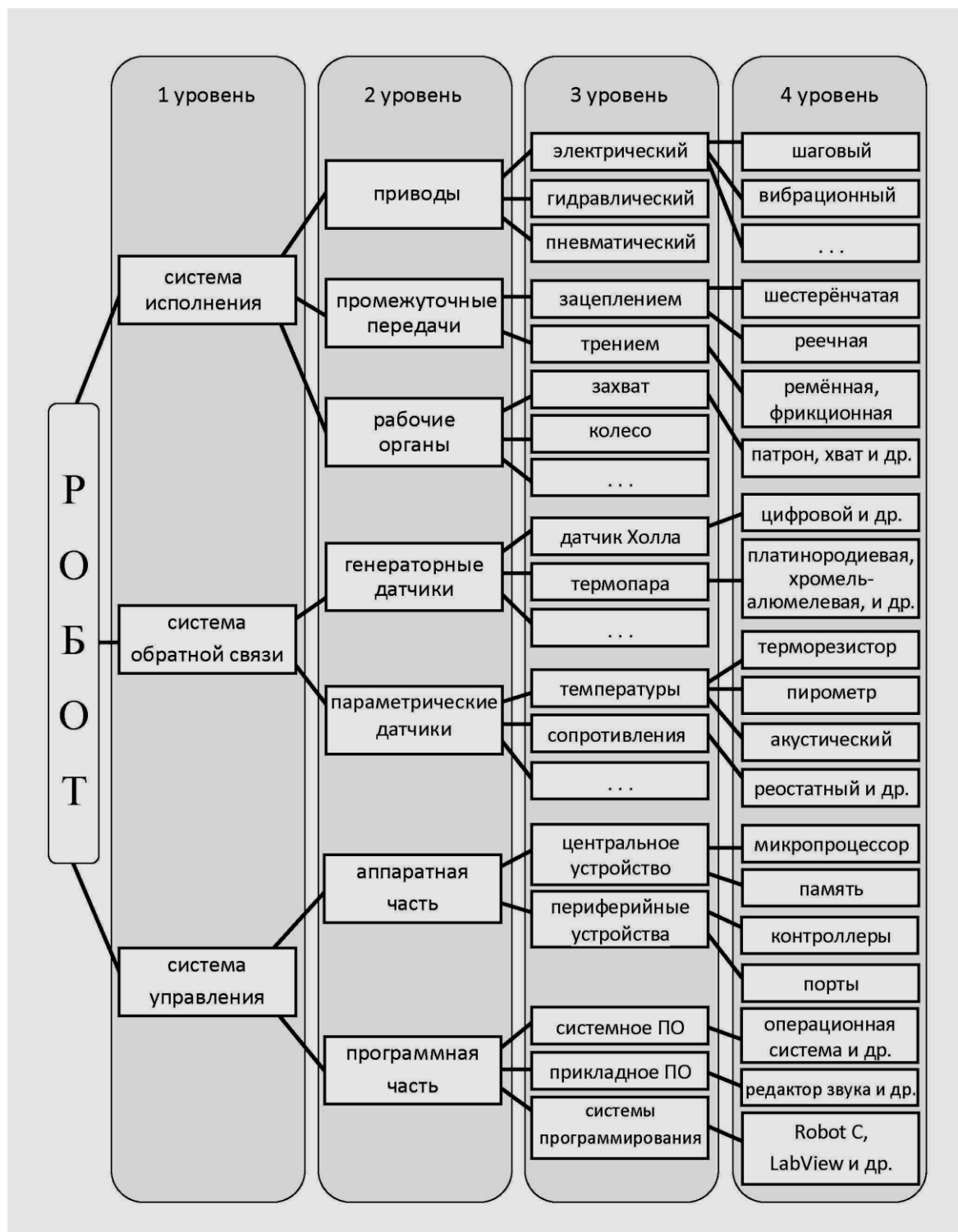


Рис. 2. Уровни изучения структуры робота [3]

При проектировании робота первый, второй и третий уровни соответствуют принятию общих проектных решений, связанных с выбором и комбинацией преимущественно готовых узлов его будущей конструкции. Четвертый уровень связан с пониманием научных основ функционирования робототехнической системы и алгоритмов этой работы. Это уже «тонкая» элементная структура робота, от выбора и качества которой зависит точность и эффективность исполнения роботом необходимых функций. На этом уровне инженер-конструктор, инженер-технолог и инженер-программист могут менять элементную базу роботов – модернизировать имеющиеся и создавать ее новые составляющие.

В ходе поискового педагогического эксперимента было организовано изучение школьниками физических основ функционирования роботов, применяемых в различных сферах жизнедеятельности общества, а также роботизированных установок учебного эксперимента. Предметом анализа в том числе являлись и физические принципы действия простейших роботизированных систем, созданных на базе образовательных наборов по робототехнике, предназначенных для учащихся средней школы. В организации изучения школьниками физических основ элементной базы робототехники применялись следующие методы:

- 1) объяснительно-иллюстративный (демонстрация РТС различных видов с последующим анализом научных основ их функционирования);
- 2) репродуктивный (воспроизведение знаний и способов деятельности, работа по инструкции);
- 2) проектный (освоение учащимися физических основ функционала роботов в ходе работы по их созданию).

2. Роботизированный эксперимент в учебном процессе по физике.

В настоящее время научный эксперимент в различных областях знания существенно обновился с точки зрения технологий его проведения. Несколько лет назад была поставлена задача модернизации в связи с этим и школьного эксперимента на основе широкого применения в его постановке средств ИКТ. В работе [11] приведена классификация современного учебного физического эксперимента по используемым при его выполнении средствам. Это эксперименты, реализуемые на основе:

- инструментальных пакетов компьютерной обработки данных и представления результатов исследования в виртуальной среде (*компьютеризированный*);
- датчиков для автоматической регистрации данных, программного обеспечения для их обработки, а также представления в виртуальной среде результатов экспериментального исследования (*частично автоматизированный*);
- датчиков для автоматического мониторинга и регистрации данных, программного обеспечения для управления ходом эксперимента, обработки данных и представления результатов экспериментального исследования (*автоматизированный*);
- автоматизированный эксперимент с функцией обратной связи и адаптации к изменяющимся условиям проведения опыта (*роботизированный*).

Обучение школьников постановке экспериментов первого–третьего видов можно рассматривать в качестве этапов их подготовки к освоению практики проведения роботизированного эксперимента.

Важной составляющей рассматриваемой методики обучения является демонстрационный роботизированный физический эксперимент. В ходе демонстрации учителю необходимо давать общую характеристику экспериментальной РТ-установки, разъяснять физические основы ее работы, излагать порядок работы РТС и особенности ее управляющей программы.

Лабораторный роботизированный эксперимент – не менее важная составляющая обучения. Его включение в учебный процесс должно быть направлено на обновление системы экспериментальных умений учащихся. Это комплекс умений и навыков работы со специализированным оборудованием, включая разнообразные цифровые датчики для сбора данных, программным обеспечением для их обработки, современной аппаратной техникой, в том числе для передачи данных удаленному пользователю. Отработку таких умений следует осуществлять преимущественно на *готовых* экспериментальных РТ-установках. Отечественной учебной промышленностью выпускается с этой целью специализированное оборудование. Примеры установок для проведения физических экспериментов с применением элементов робототехники представлены на рис. 3, 4, 6. Возможно включение школьников в самостоятельную работу по проектированию лабораторных РТ-установок.

Необходимо учитывать уровень готовности учащихся к самостоятельной работе по подготовке и проведению лабораторного роботизированного эксперимента. В рамках опытно-поисковой работы учебная деятельность школьников была организована на трех уровнях самостоятельности.

Первый уровень: выполнение лабораторной работы по инструкции. Учащимся в *готовом* виде предъявляются:

- цели работы (предметная, конструкторская, технологическая в сфере ИТ);
- перечень оборудования для лабораторного эксперимента;
- инструкция по сборке роботизированной установки (в том числе с применением специальных инструментов для моделирования конструкции робота в виртуальной среде, например, с помощью программы Lego Digital Designer); в случае сложного лабораторного задания установка заранее собирается учителем;
- управляющая программа робота, обеспечивающая его функционал;
- инструкция с иллюстрациями по проведению лабораторной работы с помощью роботизированной установки;
- видеозапись хода РТ-эксперимента (в случае проведения сложных лабораторных работ).

Выполнение работы на первом уровне позволяет учащимся: а) освоить практику работы по инструкции, поддерживающей их деятельность по сборке и проведению роботизированного физического эксперимента; б) отработать комплекс основных экспериментальных умений; в) убедиться, используя видеозапись эксперимента, в правильности сборки РТ-установки и соблюдении технологии проведения опыта (самоконтроль).

Второй уровень самостоятельности: выполнение лабораторной работы на основе общей характеристики экспериментальной РТ-установки и особенностей ее работы. Учащимся в качестве средств дидактической поддержки их деятельности предъявляются:

- цели работы (предметная, конструкторская, технологическая в сфере ИТ);

- перечень оборудования для лабораторного эксперимента;
- общая характеристика базовой роботизированной конструкции экспериментальной установки и ее возможных модификаций;
- характеристика программы, обеспечивающей функционал РТС;
- основное задание по работе с базовой конструкцией и дополнительные задания по работе с различными модификациями конструкции и корректировке программы управления РТС.

При выполнении лабораторного задания на втором уровне самостоятельности учащиеся, познакомившись с назначением, общей идеей сборки роботизированной конструкции и особенностями программы управления ее работой, должны:

- а) самостоятельно спланировать роботизированный эксперимент;
- б) собрать установку (в том числе на основе предварительного конструирования ее модели в программе LEGO Digital Designer);
- в) написать для РТС управляющую программу и протестировать ее;
- г) провести эксперимент, получить и проанализировать его результаты;
- д) выполнить задания по преобразованию конструкции и соответствующему изменению управляющей программы РТС, а также осуществить ее комплексные модификации, реализующие требуемые сценарии работы.

Третий уровень самостоятельности: самостоятельное планирование и проведение лабораторного эксперимента с применением роботизированной установки. На данном уровне учащиеся:

- анализируют общие цели работы (предметную, конструкторскую, технологическую в сфере ИТ) и общую идею постановки роботизированного эксперимента, сформулированные учителем;
- самостоятельно планируют ход эксперимента и разрабатывают конструкцию РТ-установки (в том числе на основе предварительного конструирования модели РТС в программе LEGO Digital Designer);
- осуществляют сборку установки на основе собственного проекта;
- разрабатывают управляющую программу для РТС;
- самостоятельно проводят эксперимент; возможна подготовка видеозаписи роботизированного лабораторного эксперимента.

Организация лабораторной работы на третьем уровне позволяет учащимся проявить не только высокий уровень самостоятельности, но и творческий подход к выполнению задания. Для работы в этом случае требуется, как правило, достаточно много учебного времени (не менее 2 часов в условиях работы в классе). При необходимости допускается дополнительная работа учащихся над лабораторным заданием в домашних условиях или во внеурочное время в школьной лаборатории. Учитель может проконсультировать школьников по выполнению отдельных этапов работы.

3. Моделирование и конструирование робототехнических устройств.

Выполнение на занятиях по предмету лабораторных роботизированных опытов (наблюдений и экспериментов) не только способствует обновлению у учащихся экспериментальных

учебно-исследовательских умений, но определяет формирование у них практических умений в решении конкретных технических задач. В ходе самостоятельного проектирования подобных опытов учащиеся фактически осваивают элементы методологии научно-технического исследования. Такое исследование может проводиться с целью моделирования и создания принципиально новых РТС или модернизации имеющихся, а также поиска наиболее эффективных режимов их функционирования. Отметим, что это новое направление методологической подготовки учащихся, появление которого связано именно с проникновением в систему учебного эксперимента элементов робототехники.

Проектирование роботов под конкретные задачи является одним из важных направлений современного научно-технического познания. Создание новых, более совершенных роботизированных систем – одна из актуальных проблем современной инженерии. К базовым 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) математическое и компьютерное моделирование, в) физическое моделирование технических конструкций и технологий, г) натурный физико-технический эксперимент. На элементарном уровне любой из этих методов является вполне доступным для освоения учащимися.

Представляет дидактический интерес организация процесса моделирования учащимися роботов и их систем. Моделирование – один из важных методов познания окружающего мира. С помощью моделей можно вполне успешно изучать свойства и функциональные возможности реальных технических объектов [10].

При проведении педагогического эксперимента перед учащимися ставились задачи моделирования робототехнических систем различных видов. Их решение осуществлялось, как правило, в рамках выполнения индивидуальных и командных проектов. Объектами моделирования были роботизированные установки для учебного физического эксперимента, а также технические устройства иного назначения. Важным в моделировании является технологическое обеспечение различных свойств и функций робота. Необходимо моделирование движений робота и таких его свойств, как «осознание», «зрение», «слух». Возможно моделирование «речи», «памяти», «нервной системы», элементов искусственного «интеллекта». Впоследствии учащимися производились сборка и тестирование созданных моделей в их различном сочетании в единой робототехнической конструкции, исследовались особенности взаимодействия этой конструкции с внешней средой.

Различают натурное и компьютерное моделирование. При обучении школьников технологии натурального и виртуального моделирования роботов (как и в реальном научно-техническом исследовании), как правило, должны реализовываться совместно.

Для *натурного моделирования* созданы и используются разнообразные конструкторы по образовательной робототехнике. В России наиболее популярна линейка робототехнических наборов Lego (Lego education WeDo, Lego MINDSTORMS EV3, Tetrax). Известны и применяются в школьной практике наборы от фирмы Huna (Fun&Bot, Kicky, Class, Top, Human-robot и др.).

Особое значение на современном этапе развития робототехники приобретают методы *компьютерного моделирования*. Разработка моделей роботов в виртуальной среде позволяет инженерам находить наиболее эффективные концептуальные, конструктивные и функциональные решения. С помощью специального программного обеспечения реализуется не только моделирование конструкций роботов, но и разработка их полных цифровых макетов. В связи с этим к программным средам для разработки современных роботов предъявляются вполне определенные требования:

- 1) возможность создания виртуальной модели робота, подобной его реальной физической модели;
- 2) возможность виртуального моделирования поведения 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 [19].

Предпринимаются попытки создать подобные среды и для системы среднего образования. Их разработка является актуальной проблемой образовательной робототехники. На сегодня возможности компьютерного моделирования роботов учащимся средней школы пока еще существенно ограничены.

В ходе педагогического эксперимента было разработано и использовано в обучении школьников более 20 роботизированных демонстрационных и лабораторных физических опытов (по механике, тепловым и электрическим явлениям, техническим приложениям атомной и ядерной физики). В разработке ряда РТ-установок приняли участие школьники, проявившие интерес к новым технологиям постановки физических опытов и увлекающиеся техническим моделированием и конструированием.

II. Робот как инструмент познания

Как инструменты познания РТС весьма активно используются в научных и научно-технических исследованиях. В научном познании, как уже отмечалось, роботы применяются при проведении наблюдений и постановке экспериментов. В научно-техническом исследовании они востребованы для изучения других технических объектов (обнаружение, диагностика состояния и пр.). Научно-техническое исследование может быть направлено на поиск конструктивных идей создания новых роботов или совершенствование имеющихся.

Указанные выше варианты применения робототехники как инструмента познания были реализованы в экспериментальном обучении школьников. Рассмотрим кратко их содержание.

1. Роботизированный эксперимент как инструмент научного познания.

Во многих областях научного исследования роботизированные эксперименты уже не редкость (изучение явлений в условиях ближнего и дальнего космоса, исследования микромира, археология, подводные исследования, изучение внутреннего строения человеческих органов, анализ молекулярной структуры веществ, в том числе на наноуровне, и др.). Необходимость роботизации научных экспериментов определяется ключевыми функциями робота как технического объекта. Робот способен заменить человека в трудоемких, продолжительных, опасных и чрезмерно тяжелых экспериментальных работах. К особенностям роботизированного

эксперимента относятся, безусловно, более качественная реализация хода исследования, широкий спектр и высокая точность регистрации данных.

У учащихся необходимо сформировать представления об РТ-эксперименте как инструменте научного познания. Принципиально важным является включение в учебный процесс по предмету полноценного роботизированного эксперимента. Должны быть обеспечены не только регистрация и обработка данных в автоматическом режиме, но и управление ходом эксперимента. Такой робот должен совершать необходимые механические манипуляции и подстраиваться под нужный режим работы: например, регулировать температуру исследуемых объектов, «обходить» резонансные частоты, корректировать значения параметров электрической цепи, поддерживать давление газа в сосуде, «следить» за уровнем освещенности поверхности или изменением ее цветности и т. п. При проведении роботизированного 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. Наличие электроники в аппаратной части управляющей системы робота в сочетании с быстродействием компьютера и его современным программным обеспечением позволяет добиваться высокой скорости ее реакции на различные внешние воздействия и внутренние изменения в роботизированной системе. Может задаваться время реакции роботизированной системы на любое воздействие. Робот-экспериментатор способен автоматически «контролировать» и «регулировать» состояние своих внутренних 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.

Программа «NXT 2.1 Data Logging», а также аналогичный модуль «Эксперимент» программы «MINDSTORMS® Education EV3» имеют ряд инструментов для компьютерной обработки данных роботизированного эксперимента. Применение этих инструментов позволяет отображать численные данные для выбранной точки графика, фиксировать минимальное, максимальное и среднее значения физической величины в выделенном диапазоне графика, менять цвет графика, представлять в одной координатной плоскости несколько линий функциональной зависимости, выполнять их линейную аппроксимацию и т. д.

При необходимости роботизированная система может в реальном времени передавать полученные данные на удаленный компьютер для их оперативной обработки и последующего хранения (через USB кабель, Wi-Fi, Bluetooth) или отправлять сигналы непосредственно экспериментатору.

Особенностью роботизированного эксперимента является легкость его многократного воспроизведения. Число испытаний может задаваться на программном уровне. Снижается общее время на проведение исследования. Так, например, учебные 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 создании учебной экспериментальной установки использовать не один робототехнический набор, то можно проектировать и проводить достаточно сложные многоэтапные физические эксперименты.

Включение в процесс обучения физике роботизированных экспериментов как инструментов познания должно быть нацелено на знакомство учащихся с новыми технологиями проведения научного исследования [11; 19]. Курс физики средней школы и оборудование по образовательной робототехнике позволяют успешно решать эту образовательную задачу.

На рис. 3 и 4 показаны две роботизированные установки для экспериментального исследования механических явлений: 1) свободного падения тел, 2) механических колебаний груза на пружине.

В ходе первого эксперимента (рис. 3 а) изучаются особенности свободного падения как вида механического движения.

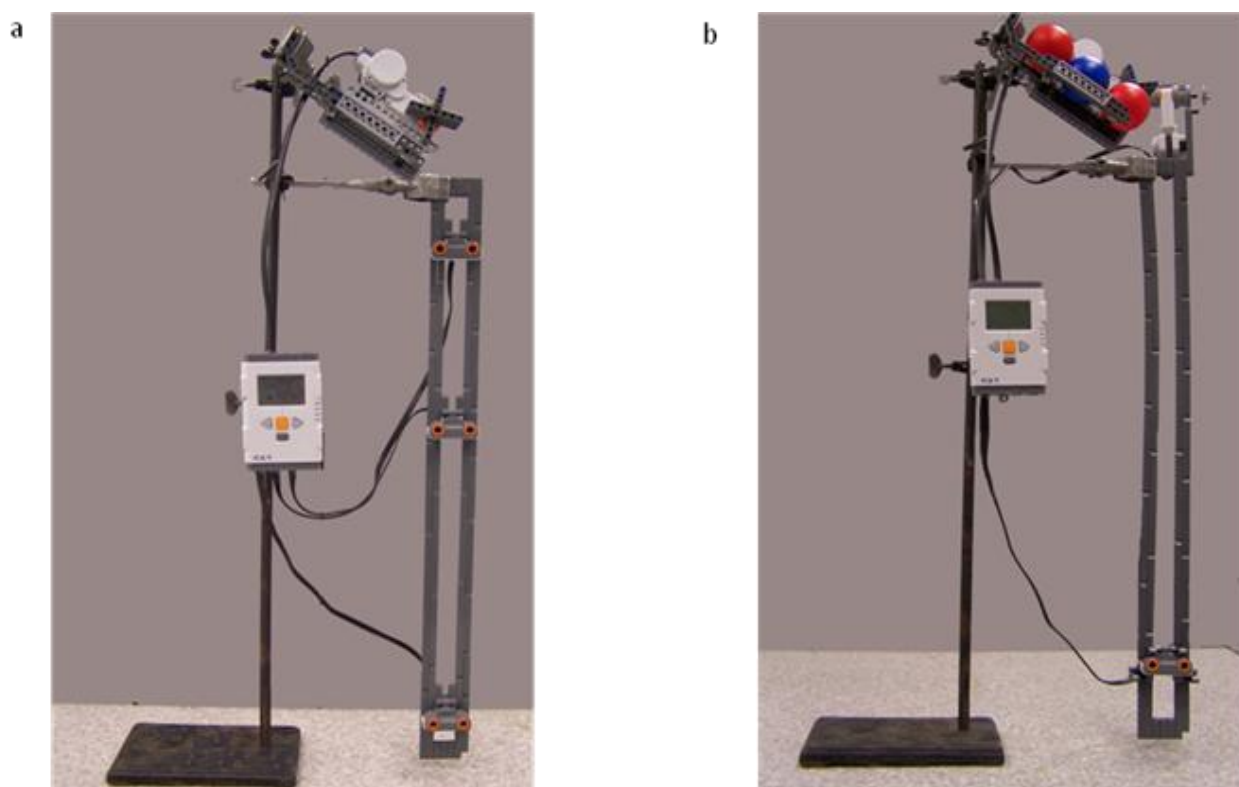


Рис. 3. Модель роботизированной установки для исследования явления свободного падения: (а) с тремя стационарными датчиками; (б) с одним подвижным датчиком [19]

На экран микропроцессора выводятся: 1) значения ускорений свободного падения N одинаковых шариков и среднее значение ускорения; 2) время прохождения шариками расстояний, относящихся по протяженности как ряд нечетных чисел – 1:3:5 (для доказательства равноускоренного характера свободного падения тел). В ходе эксперимента можно менять массу и форму падающего тела. Проектирование такой установки требует от учащихся понимания сущности физического явления и методики его экспериментального исследования, актуализации знаний и умений по информатике и технологии.

После создания учащимися первой версии данного роботизированного эксперимента (рис. 3 а) им могут быть предложены задания по доработке конструкции РТС. Цель первого задания – обеспечение автоматической доставки падающих шариков в устройство для их

сброса. Второе задание может быть связано с заменой в экспериментальной установке трех стационарных датчиков одним подвижным (рис. 3 б).

На рис. 4 представлена еще одна установка, разработанная учащимися. Она предназначена для исследования зависимости периода колебаний пружинного маятника от его массы и жесткости пружины. Эксперимент проводится в два этапа. Последовательно запускаются механизмы, обеспечивающие изменение массы маятника за счет увеличения числа грузов в подвесе и увеличения жесткости пружины, которое достигается уменьшением длины ее рабочей части. Автоматически обеспечиваются вывод системы из положения равновесия и установка свободных колебаний. На экран микропроцессора выводятся значения периодов колебаний маятника. Возможно представление результатов эксперимента в виде графика (рис. 5). Роботизированный эксперимент длится не более минуты. Датчики системы контролируют проведение эксперимента в заданном режиме. 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. 4. Установка для исследования закономерностей колебаний
пружинного маятника [19]

1. Применение робототехники в научно-техническом познании.

В системе научно-технического познания робототехника как инструмент исследования представлена в разном качестве.

Во-первых, робот может служить эффективным средством исследования уже созданных технических объектов, начиная с исследования уникальных артефактов и заканчивая диагностикой

состояния 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 т. п.). 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.

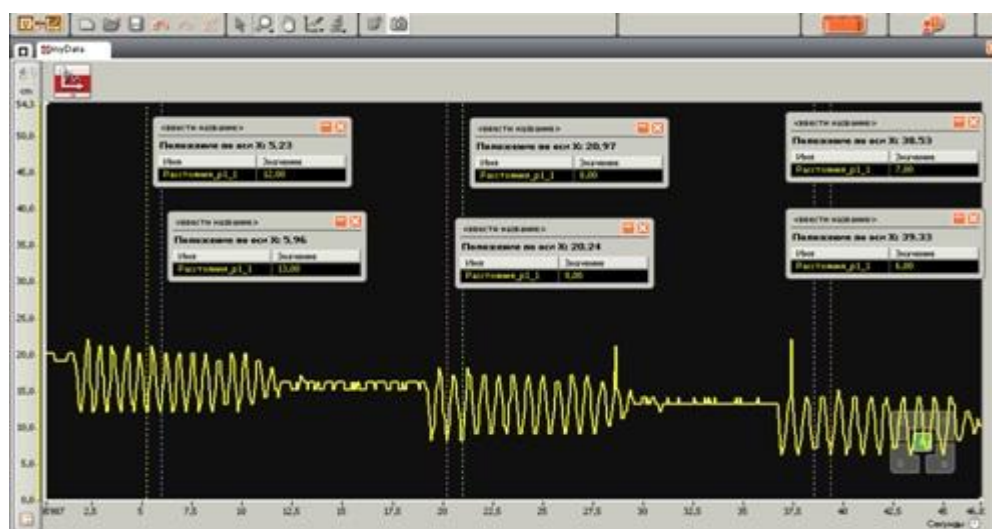


Рис. 5. Графическая обработка результатов эксперимента (график зависимости расстояния от датчика до колеблющегося маятника от времени) [19]

Применение робототехники в таких исследованиях исключает влияние субъективных факторов на сбор и обработку информации об исследуемом объекте, сокращает время поиска технического дефекта, повышает точность его диагностики, обеспечивает проведение при необходимости диагностических испытаний, а в ряде случаев и автоматическое устранение 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.

Следует разъяснить учащимся средней школы 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 полюсовых магнитов или токов различной конфигурации). Возможно создание роботизированных систем, работающих на основе известных физических явлений: магнитоискателя, миноискателя, устройств слежения за источниками света, оценки степени нагретости тела или скорости движения объекта, диагностики состояния аккумуляторных батарей и др. [14]. Следует развивать это направление проектной деятельности учащихся, создавать соответствующие базы учебных проектов и разрабатывать методические материалы по организации самостоятельной работы учащихся.

Важно, чтобы такие проекты имели ярко выраженную физико-техническую направленность.

Пример разработки РТ-модели технического объекта с функцией диагностики и предупреждения резонансных явлений приведен на рис. 6. Проектирование такого технического объекта можно предложить учащимся после изучения закономерностей колебательного движения (см. ранее рис. 4, 5). Основной частью установки, демонстрирующей работу данной модели, является пружина, которая с одного конца с помощью нити крепится к двигателю для возбуждения колебаний. К другому концу пружины подвешивается корзинка с грузом. Массу груза можно менять. Под корзинкой устанавливается датчик расстояния для определения момента наступления резонанса. После запуска программы автоматически возбуждаются колебания системы. На экране компьютера строится график зависимости расстояния (от датчика до корзинки) от времени, а на экране микропроцессорного блока отображается текущая частота вынужденных колебаний. Задается допустимая амплитуда колебаний системы. После того как с помощью датчика фиксируется приближение колебательной системы к резонансу раздается предупреждающий звуковой сигнал о предаварийной ситуации, а через три секунды система автоматически отключается. На экране микропроцессорного блока отображается критическая (резонансная) частота вынужденных колебаний. При достаточно надежном креплении корзинки с грузами можно показать, что при дальнейшем увеличении частоты вынужденных колебаний система выходит из резонанса. Если в конструкции отключить датчик расстояния (имитация «сбоя» в системе контроля), то при ненадежном подвесе можно продемонстрировать пагубное влияние резонанса на систему – ее разрушение (падение корзинки).



Рис. 6. Роботизированная модель колебательной системы с функцией предупреждения резонансных явлений

Демонстрация РТС как инструментов научного и научно-технического исследования на занятиях по физике вызывает у учащихся большой интерес и стимулирует их к самостоятельной творческой деятельности по созданию таких систем.

III. Робот как средство обучения, развития и воспитания

В ходе настоящего исследования были выявлены наиболее значимые образовательные функции робототехники. Знание и разграничение этих функций практикующим учителем является принципиально важным, поскольку способствует его целенаправленной работе по их реализации в учебном процессе.

1. Обучающая функция.

Занимаясь робототехникой, учащиеся осваивают новый и социально значимый пласт современной технической культуры: приобретают современные политехнические знания и умения, овладевают соответствующими техническими и технологическими компетенциями [6; 12].

Занятия робототехникой способствуют *закреплению и углублению предметных знаний, формированию предметных познавательных и практических умений.*

Особая роль занятий робототехникой состоит в реализации межпредметных связей, поскольку роботостроение является междисциплинарной сферой деятельности. Разнообразны и сферы применения роботов. На занятиях по робототехнике возможна подготовка учащимися межпредметных проектов. На сегодня известны примеры интеграции робототехники не только с областями математического и естественнонаучного знания, но и с гуманитарными сферами деятельности (реконструкция исторических событий, моделирование и исследование взаимодействия различных социальных групп, решение проблем социальной адаптации, оказание социальных услуг и т. д.).

Междисциплинарный характер занятий робототехникой способствует не только выявлению и осознанию взаимосвязи наук, но и *систематизации и обобщению знаний* (естественно-математических, гуманитарных), а также *достижению учащимися в связи с этим метапредметных результатов обучения.*

Робототехника – это *новое средство наглядности*, стимулирующее активное восприятие учебного материала курса. Роботизированные демонстрации отличаются высоким качеством постановки, регулируемой скоростью предъявления данных, допускают необходимое число повторений, могут сопровождаться визуальными, механическими и звуковыми эффектами, концентрирующими внимание школьников на наиболее значимых элементах учебного материала и повышающими интерес к его освоению.

Робототехника может рассматриваться как эффективное *средство индивидуализации обучения* – учета интересов, склонностей, уровня подготовки учащихся по предмету. Это обеспечивается не только соответствующими приемами работы учителя, но и разнообразием учебных наборов по робототехнике, а также сопровождающих их учебных материалов, ориентированных на развитие технического творчества детей разного возраста и уровня готовности к занятиям по техническому моделированию и конструированию. Дополнительным фактором, стимулирующим применение технологии индивидуального обучения, является реализация связи между учебным процессом и соревновательным движением по робототехнике, в которое могут быть включены увлеченные техническим творчеством школьники.

2. Развивающая и воспитательная функции.

Применение образовательной робототехники в учебном процессе по предмету обеспечивает активное развитие у учащихся всего комплекса познавательных процессов (восприятия, представления, воображения, мышления, памяти, речи). Особый эффект этого воздействия связан, как правило, с высокой мотивацией занятий робототехникой. Непосредственная работа руками и активная практика самостоятельного решения учащимися конкретных технических задач и успешность в их решении – еще более существенные факторы этого влияния.

Занятия робототехникой способствуют формированию широкого спектра личностных качеств ребенка (его потребностей и мотивов, самостоятельности и инициативности, трудолюбия, ответственности за качество выполненной работы, коммуникабельности и толерантности, стремления к успеху, потребности в самореализации и др.). Особенно значима роль образовательной робототехники в развитии качеств личности, повышающих эффективность работы человека в его взаимодействии с другими людьми. Это навыки коммуникации и межличностного общения. Главным среди них, как считают многие авторы, является умение работать в команде. Действительно, робототехническую систему, учитывая необходимость принятия междисциплинарных решений при ее разработке, качественно сделать в одиночку достаточно сложно. Это, прежде всего, командная работа, которая обеспечивает благоприятные условия для развития широкого комплекса коммуникативных компетенций учащихся.

Работа в команде по созданию робототехнических систем, как правило, связана с проектно-ориентированным обучением. В нашем исследовании была организована разработка учащимися проектов трех видов:

- 1) *создание нового робота* для решения исследовательской или прикладной учебной задачи на базе наборов по робототехнике конкретного производителя;
- 2) *модернизация робота* (обновленные элементные, конструктивные и программные решения) на базе наборов по робототехнике конкретного производителя;
- 3) *создание нового робота или его модернизация* для решения исследовательской или прикладной учебной задачи на основе:
 - разработки новых датчиков и других систем робота, расширяющих возможности применения конкретного конструктора по робототехнике;
 - проектирования робота в его взаимосвязи другими техническими системами для решения сложных практических задач.

На рис. 7 представлен пример командного проекта «Модель ядерного реактора», выполненного учащимися средней школы № 135 г. Перми.

Данная модель предназначена для демонстрации некоторых элементов устройства реактора, а также процессов передачи тепла в его энергоблоке. Повышение температуры активной зоны реактора имитируется нагреванием воды (с помощью электронагревателя). Вода в данной модели является еще и теплоносителем. Температура «активной зоны» может регулироваться, с одной стороны, нагревом воды, а с другой – ее охлаждением за счет обеспечения циркуляции потоков жидкости между сосудом-нагревателем и внешним сосудом с холодной водой. Циркуляция обеспечивается с помощью насоса. Управление работой нагревателя и насоса осуществляется на программном уровне с помощью микропроцессора через электромагнитное реле. Для обеспечения контроля над температурой в «активной зоне» устанавливается датчик температуры.

В верхней части реактора для регулировки активности ядерной реакции монтируется система, которая имитирует движение управляющих стержней. Изначально стержни находятся вне активной зоны. При повышении температуры сверх допустимого значения срабатывает датчик и стержни опускаются в активную зону, «обеспечивая» снижение интенсивности ядерной реакции. Понижение температуры достигается за счет запуска процесса циркуляции воды. При снижении температуры до определенного значения вновь срабатывает датчик и стержни извлекаются из активной зоны. Система управления «реактором» имеет два режима работы: ручной и автоматический. В автоматическом режиме система на программном уровне поддерживает температуру около заданного значения за счёт поочередного включения нагревателя и насоса. Значение температуры в «реакторе» выводится на экран микропроцессора.

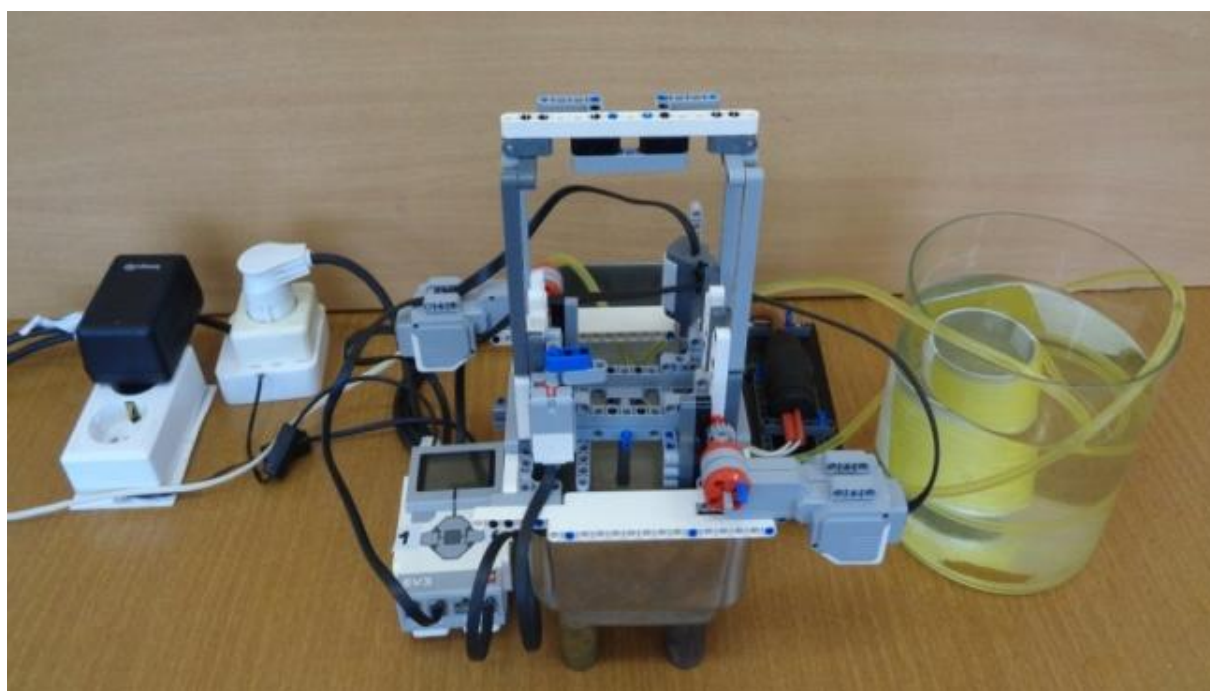


Рис. 7. Модель терморегуляции ядерного реактора и регулировки интенсивности ядерной реакции

После успешного выступления школьников с данным проектом в ряде городских и краевых соревнований проект был расширен до модели атомной электростанции, в которую в качестве отдельных элементов были включены модели парогенератора, блока генерации электроэнергии и линия электропередачи с потребителями электроэнергии (рис. 8). Была реализована система диагностики исправности работы различных блоков АЭС. На отдельные индикаторы выводились сигналы: отказа насоса перекачки теплоносителя (для этого был использован датчик давления), остановки турбины парогенератора (применялся отдельно сконструированный датчик движения воздуха на базе датчика освещенности), исчезновения напряжения на электрогенераторе (срабатывал датчик напряжения). В случае возникновения аварийной ситуации к месту аварии выезжал робот, имитирующий аварийно-спасательную бригаду.

Как отдельная конструкция была разработана система аварийной защиты реактора от перегрева и возгорания (рис. 9). Блок защиты был собран на базе конструктора для прототипирования

датчиков (SuperPro Prototype Sensor), подключаемого к микропроцессорному блоку Mindstorms. В блоке защиты имелись отдельная кнопка для отключения реактора, а также переключатель для перевода реактора в режим работы без защиты. Благодаря возможности отключения блока защиты и ручного отключения насоса на модели можно было частично смоделировать процесс, приведший к аварии на Чернобыльской АЭС. Для защиты от пожара в системе использовался датчик пламени. В случае срабатывания датчика (например, от зажигалки) реактор переходил с состояние гашения ядерной реакции (отключался нагреватель и в «активную зону» опускались аварийные стержни), включалась сирена, и к реактору выезжал робот-спасатель с целью обнаружения источника возгорания по инфракрасному датчику.



Рис. 8. Роботизированная модель атомной электростанции

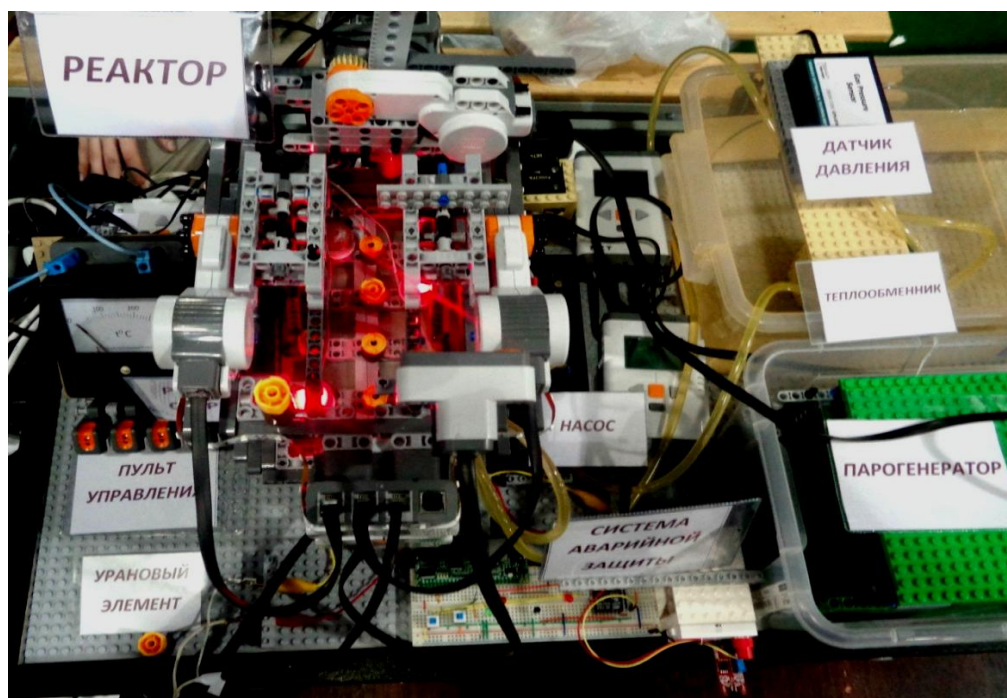


Рис. 9. Элементы роботизированной модели атомной электростанции

На Всероссийском фестивале «РобоФест–2015» данный проект был отмечен призом зрительских симпатий.

Еще один проект представлен на рис. 10. Это модель фрезерного станка, созданная на основе конструктора Lego Mindstorms. Современные станки с числовым программным управлением являются разновидностью робототехнических систем. Работа на данных станках становится доступной для старшеклассников, которые проявляют интерес к технической деятельности. Традиционные технологии обработки материалов и инновационные идеи робототехники в своем сочетании открывают интересные перспективы в разработке школьных робототехнических проектов межпредметного характера (физика – технология – информатика).

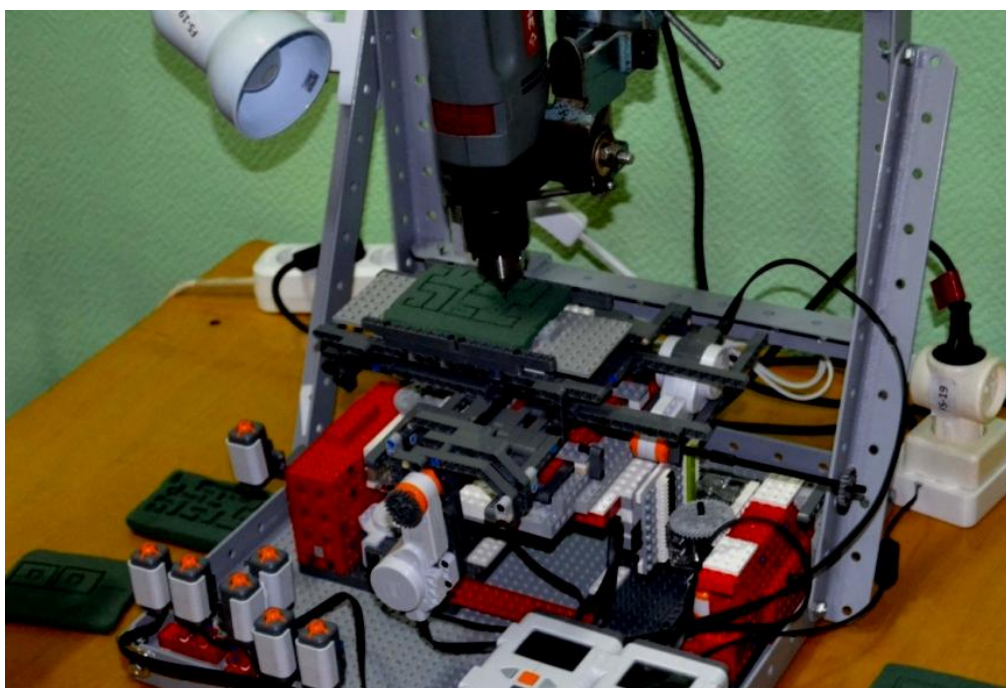


Рис. 10. Модель фрезерного станка с ЧПУ, выполненного на базе нескольких конструкторов LEGO Mindstorms [12]

Модель фрезерного станка с ЧПУ была сконструирована и запрограммирована учащимися старших классов средней школы на базе нескольких конструкторов LEGO. На данном станке можно производить обработку мягких материалов (парафин, пенопласт). Станок имеет металлическое основание, к которому жестко крепится электрическая дрель в качестве привода для инструмента. Заготовка монтируется на основании, которое может перемещаться в трех плоскостях. Эта часть конструкции сделана из деталей и сервомоторов конструктора. В автоматическом режиме работы станка перемещение основания обеспечивается компьютерной программой. Для ручного управления движением заготовки в конструкции предусмотрены три пары датчиков касания, срабатывание которых приводит к перемещению основания в двух направлениях вдоль каждой из трех осей: вперед – назад, влево – вправо, вверх – вниз. На данном станке можно производить обработку материалов через Bluetooth (например, с телефона).

При создании модели, а затем в процессе ее демонстрации на уроках физики обсуждались вопросы относительности движений, сложения движений, физические основы работы технических узлов конструкции, в том числе устройств беспроводной связи.

Во время демонстрации модели станка с ЧПУ на конкурсах и выставках все желающие могли выполнить обработку какой-либо детали (рис. 11). Авторы этого проекта стали победителями городского и призерами регионального туров олимпиады по технологии, победителями регионального фестиваля «РобоФест–2013» и призёрами Всероссийского фестиваля «РобоФест–2013» в категории «Фристайл» (II место).

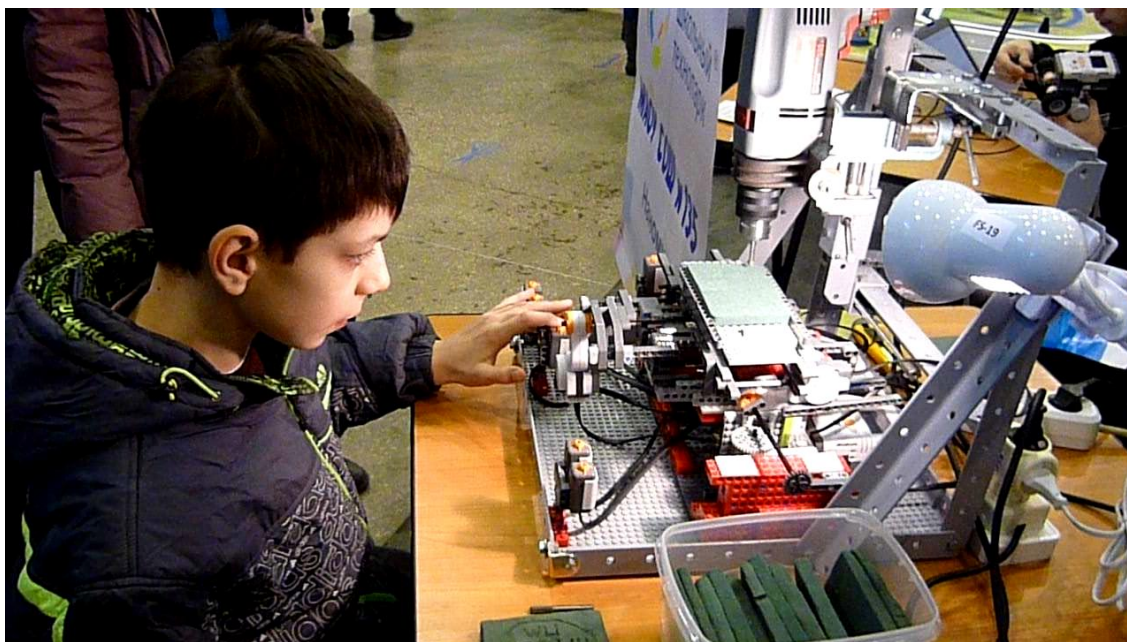


Рис. 11. Работа посетителей выставки с моделью станка с ЧПУ
на Всероссийском фестивале «РобоФест–2013»

Отметим, что рассмотренные выше проекты относятся к проектам третьего вида. При их выполнении используются не только детали робототехнического конструктора, но и оборудование школьного физического кабинета, кабинета технологии, домашняя бытовая техника, дополнительные инструменты и материалы. В рамках именно таких проектов решаются сложные технические задачи, а сам проект может оказаться не просто интересным, но и уникальным.

Проектную деятельность учащихся по робототехнике следует обязательно связывать с содержанием учебного процесса по предмету. Целесообразной является ее поддержка системой школьных, городских региональных и всероссийских робототехнических конкурсов и олимпиад по робототехнике. Это позволяет обеспечить высокий уровень командной активности учащихся и качества решений творческих задач проекта. Выполнение школьниками предметных и межпредметных проектов следует определить как одно из важных направлений применения робототехники в учебной практике.

В ходе поискового педагогического эксперимента были реализованы все указанные выше направления применения робототехники как средства *обучения, развития и воспитания* учащихся. Включение элементов робототехники в учебный процесс по физике обеспечивает рас-

ширение предметной основы формирования технических знаний учащихся, организации их учебной, исследовательской и проектной деятельности, освоения технических умений, способствует формированию инженерного мышления и освоению практики технического моделирования и конструирования. Растет интерес к изучению физики и ее технических приложений, формируются у ряда учащихся соответствующие профессиональные устремления, готовность к техническому творчеству, в том числе в условиях командной работы.

Анализ результатов исследования позволяет сформулировать ряд важных выводов.

1. Необходимость изучения робототехники в средней школе как области знания и технического творчества обусловлена современными тенденциями развития социальной инфраструктуры, связанными с ее насыщением робототехническими объектами. Включение элементов системы знаний по робототехнике в учебную программу по предмету и формирование у школьников начального опыта ее освоения как области современного технического знания должно носить органичный характер и не противоречить задачам предметного обучения. Робототехника может и должна быть представлена в предметном обучении (например, в обучении физике) как значимая составляющая его политехнической направленности [6].

2. Поисковый педагогический эксперимент позволил вывести робототехнику из зоны только дополнительного образования и найти эффективные методические решения ее включения в основной учебный процесс. Внедрение робототехники как трехкомпонентной технологии обучения на основе предложенных в исследовании решений позволяет существенно обогатить программу обучения предмету необходимыми прикладными знаниями и видами учебной деятельности, создать дополнительные условия для ее более качественного усвоения.

3. Для реализации данной технологии необходимы комплекты учебного оборудования по предмету, наборы по образовательной робототехнике и специальные учебные и методические материалы. В рамках проведенного педагогического эксперимента был подготовлен комплекс таких материалов. Доказана результативность его применения в обучении физике. Показано, что эффективность обучения возрастает при реализации межпредметных связей дисциплин естественно-математического цикла и образовательной области «Технология».

Показателями результативности экспериментального обучения физике с применением робототехники являются: 1) интерес школьников к изучению предмета, 2) качество усвоения учебной программы по физике, 3) готовность к выбору физико-математического профиля обучения в старшей школе (10–11 классы), 4) содержание профессиональных устремлений в области естественнонаучного знания и инженерной деятельности. Обучение школьников на основе предложенной технологии в течение трех лет обеспечило очевидный рост указанных показателей. Его усредненное значение по трем годам обучения оказалось следующим: по первому показателю – 34 % от общего числа учащихся, участвовавших в эксперименте в течение каждого года обучения; по второму – 18 %, по третьему – 19 %, по четвертому – 16 %.

Еще одним показателем эффективности рассматриваемой методики обучения является стабильный успех учащихся в различных соревнованиях и конкурсах по образовательной робототехнике, включая всероссийский уровень их организации. Реализация предложенной методики в учебном процессе по физике обеспечивает необходимые условия для выявления и целенаправленного обучения интересующихся и способных к техническому творчеству школьников – будущего поколения инженеров и изобретателей.

4. По материалам исследования были проведены мастер-классы и курсы повышения квалификации учителей, подготовлена монография [12], в которой образовательная робототехника рассматривается как важная составляющая политехнической направленности обучения основам наук в средней школе. В настоящее время продолжается работа над созданием новых образовательных модулей по применению робототехники в учебном процессе по физике как средств реализации предложенной технологии обучения. Рассматривается возможность и методика их использования не только в основном учебном процессе и курсах по выбору, но и на факультативных занятиях, а также во внеурочной работе учащихся по предмету.



Список литературы

1. Белиовская Л.Г., Белиовский А.Е. Программируем микрокомпьютер NXT в LabVIEW. – М.: ДМК-Пресс, 2013.
2. Вязовов С.Я., Калягина О.Ю., Слезин К.А. Соревновательная робототехника: приемы программирования в среде EV3: учеб.-практ. пособие. – М.: Перо, 2014.
3. Еришов М.Г. Робототехника как объект изучения в курсе физики средней школы // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 3. – С. 117–125.
4. Еришов М.Г., Оспенникова Е.В. Образовательная робототехника как инновационная технология реализации политехнической направленности обучения физике в средней школе // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 3. – С. 34–41.
5. Еришов М.Г., Оспенникова Е.В. Образовательная робототехника как инструмент познания в учебном процессе по физике // Вест. Челяб. гос. пед. ун-та. – 2015. – № 3. – С. 109–124.
6. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Систематизация и метауровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике // European Social Science Journal (Европейский журнал социальных наук). – 2012. – № 3. – С. 111–118.
7. Копосов Д.Г. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5–6 классов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
8. Ноф Ш. (ред.) Справочник по промышленной робототехнике. – М.: Машиностроение, 1989.
9. Основы робототехники: учеб. пособие, 5–6 класс / Д.А. Каширин, Н.Д. Федорова; под общ. ред. Н.А. Криволаповой. – Курган: ИРОСТ, 2013.
10. Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В. Формирование у учащихся обобщенных подходов к работе с компьютерными моделями // Изв. Южн. федер. ун-та. Пед. науки. – 2009. – № 12. – С. 206–214.
11. Оспенникова Е.В. Развитие самостоятельности школьников в учении в условиях обновления информационной культуры общества: в 2 частях. Ч. 2. Основы технологии развития самостоятельности школьников в изучении физики: моногр. – Пермь: Электрон. издат. системы ОЦНТИ ПГТУ, 2003.

12. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: моногр. / Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой. – Пермь: Перм. книж. из-во, 2014.
13. Параскевов А.В., Левченко А.В. Современная робототехника в России: реалии и перспективы. // Политемат.й сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграрн. ун-та. – 2014. – № 104 (10). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/116.pdf> (дата обращения: 09.03.2015).
14. 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.
15. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – 3-е изд. – СПб.: Наука, 2013.
16. Халамов В.Н. [и др.]. Образовательная робототехника на уроках информатики и физики в средней школе: учеб.-метод. пособие. – Челябинск: Взгляд, 2011.
17. Bers M. et al. Teachers as Designers: Integrating Robotics in early Childhood education // Information Technology in Childhood Education. – 2002: pp. 123–145.
18. Carberry A., Hynes M. Underwater Lego Robotics: Testing, Evaluation & Redesign [Электронный ресурс]. – URL: http://www.academia.edu/2991725/Underwater_LEGO_Robotics_Testing_evaluation_and_redesign (дата обращения: 02.03.2015).
19. Ershov M.G., Ospennikova E.V., Ilyin I.V. Educational Robotics as an Inovative Educational Technology // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 214. – pp. 18–26.
20. Korherr M. . Schulklasse testet neue EV3 Physik-Experimente. – Eine Entwicklung der htw saar und des Fraunhofer Instituts im Auftrag von LEGO® Education Redesign [Электронный ресурс]. – URL: <http://emrolab.htw-saarland.de/index.php/news/154-ev3physikexperimente> (дата обращения: 12.02.2015).

Научное издание

**ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Серия
**«Информационные компьютерные технологии
в образовании»**

ВЫПУСК 12 / 2016

Научный журнал

Главный редактор выпуска
Оспенникова Елена Васильевна

Выпускающий редактор
Ильин Иван Вадимович

Редактор *М.Г. Коровушкина*
Компьютерная верстка – *Н.А. Оспенников*
Макетирование – *Н.А. Оспенников*

Свидетельство о государственной аккредитации вуза
№ 0902 от 07.03.2014

Изд. лиц. ИД № 03857 от 30.01.2001

Подписано в печать 13.06.2016. Формат 60х90 1/8

Бумага ВХИ. Печать на ризографе. Набор компьютерный

Усл. печ. л. 18,0. Уч.- изд. л. 15,0.

Тираж 100 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
614990, г. Пермь, ГСП, ул. Сибирская, 24, корп. 2, оф. 71,
тел. +7 (342) 238-63-12, e-mail:rio@psru.ru