Виртуальные лабораторные работы в естественнонаучном образовании

Д.И. Троицкий, Е.Е. Дикова
Тульский государственный университет
dtroitsky@tsu.tula.ru

Аннотация

В статье представлены подходы к разработке и внедрению виртуальных лабораторных работ (ВЛР) в естественнонаучном образовании. Описаны решенные задачи в процессе разработки и внедрения ВЛР. Рассмотрена концепция ВЛР и возможности применения, показаны место ВЛР в учебном процессе, их структура и методика применения. Описаны возможности, которыми должны обладать ВЛР, для максимального приближения виртуальной лабораторной работы к реальной. Показаны преимущества ВЛР по сравнению с видеофильмами экспериментов. Описаны возможности применения ВЛР для наглядной демонстрации во время объяснения нового материала на лекционных или практических занятиях. Предложены возможности применения ВЛР как самостоятельных лабораторных работ, так и в качестве методического комплекса для самоподготовки. Проведен обзор аналогичных решений.
Приведены краткие описания четырех лабораторных работ, входящих в комплекс ВЛР по дисциплине «Физика», представляющих собой компьютерные модели реальных лабораторных установок кафедры физики Тульского государственного университета для курсов «Физика», «Оптика и квантовая физика»: «Изучение полупроводникового триода», «Определение ширины запирающего слоя p-n-перехода и концентрации примеси в области лавинного пробоя», «Определение ширины запирающего слоя p-n-перехода и концентрации примеси в области лавинного пробоя», «Снятие характеристик и определение параметров фотоэлемента». Приведены результаты апробации виртуального лабораторного практикума.

Ключевые слова: виртуальные лабораторные работы; дистанционное образование; подготовка по физике

1. Введение

Лабораторные работы – хороший способ усвоения учебного материала и вместе с тем очень познавательное и интересное занятие. Изучение такой как

© Университет ИТМО

науки, как физика, сложно представить без выполнения лабораторных работ. Но, к сожалению, далеко не во всех учебных заведениях имеется необходимое для их проведения лабораторное оборудование, а если и имеется, то не в таких количествах, в каких этого хотелось бы преподавателям. Решить подобную проблему могут виртуальные лабораторные работы (ВЛР) – интерактивные компьютерные программные средства, созданные на основе лабораторных работ и имитирующие всю работу с реальными установками и физическими приборами.

Кроме того, ВЛР решают проблемы дистанционного образования [6]. при заочном обучении на лабораторные работы выделяется крайне мало аудиторных часов (обычно 4–6 в семестре), и за столь малое время физически невозможно провести все предусмотренные учебным планом эксперименты. ВЛР позволяют студентам выполнять такие эксперименты виртуально, фактически не выходя из дома.

2. Постановка задачи

Целью настоящей работы является повышение качества обучения по дисциплине «Физика» на основе применения виртуальных лабораторных работ. Авторами решены следующие задачи:

- разработана структура комплекта ВЛР;
- выполнена подготовка мультимедийного теоретического материала;
- построены математические модели объектов исследования;
- создана программная реализация ВЛР;
- ВЛР успешно внедрены в учебный процесс.

2.1. Концепция виртуальной лабораторной работы

Каким образом компьютер может заменить реальную лабораторную установку? Способ достаточно очевиден. Нужно создать такую программную оболочку, которая имитировала бы реальную лабораторную установку. Человек, выполняющий лабораторную работу на компьютере, должен иметь возможность сделать все то, что он мог бы сделать, проводя реальный эксперимент: включить установку, нажать функциональные кнопки, покрутить ручки приборов и, что самое главное, сразу же видеть, что происходит – как ведет себя установка, какую информацию показывают измерительные приборы и т.д.

При всем при этом не стоит концентрироваться на мелочах, которые не приносят пользы. Например, нет смысла визуализировать розетку и вилку от прибора – в повседневной жизни все знают, что с этим делать. Получается, что нужно абстрагироваться и оставить только то, что реально необходимо в данной конкретной работе, для конкретного эксперимента. Именно такое программное обеспечение и следует называть «виртуальными лабораторными работами», а совокупность их – «виртуальным практикумом» [4].

В ВЛР необходимо реализовывать следующие функции:

1. с их помощью можно показывать демонстрации во время объяснения нового материала. Такие демонстрации очень наглядны, улучшают восприятие и пробуждают интерес к предмету. Преимущество таких

демонстраций, в сравнении с обычными видеофильмами, еще и в том, что преподаватель может оперативно, изменяя параметры в программе, отвечать на вопросы учащихся: «А что будет, если … ?» Ответ прост — давайте сделаем и посмотрим!

2. программу можно использовать в качестве лабораторного практикума как в компьютерном классе, так и на личном устройстве обучаемого. В этом случае каждый студент сможет выполнять свою лабораторную работу самостоятельно. Уже не требуется покупка многочисленного дорогостоящего оборудования – достаточно установить «виртуальную лабораторию» на компьютер и можно приступать;
3. ВЛР может использоваться и просто для подготовки к реальным лабораторным работам: учащийся при помощи программы изучает работу, которую ему предстоит сделать: знакомится с теоретическими сведениями из курса, пробует проводить эксперименты и наблюдает за результатами, делает соответствующие выводы. Затем, когда приходит время выполнить работу с реальной установкой, трудностей не возникает: все знакомо, только теперь вместо мыши и клавиатуры реальные устройства.

Виртуальные лабораторные работы имеют как преимущества, так и недостатки в сравнении с реальными [5]. Именно поэтому лучшим вариантом будет комбинирование обоих типов работ. Главная же цель виртуальных лабораторий – возможность провести испытания человеку, который не может по определенным причинам выполнить эти испытания с реальными устройствами (заочное обучение, домашняя самоподготовка, либо просто отсутствие соответствующего оборудования в учебном заведении).

2.3. Обзор аналогичных решений

В силу того, что программное обеспечение подобного направления достаточно специфично, число аналогов оказалось весьма невелико. Иностранные разработки (например, пакет из нескольких лабораторных работ от компании KET Distance Learnin [1]) оказались достаточно дорогими и малодоступными для российских вузов в современных экономических условиях.

Другим аналогом может служить система «Теплофизическая лаборатория», разработанная в Республике Казахстан. Она ориентирована на школьный курс физики и содержит 16 лабораторных работ. Более масштабная разработка (но по сути своей не являющаяся ВЛР) – система «1С: Репетитор – Физика» [3] от компании 1С. Это учебник, задачник и справочник, объединенные гипертекстовой структурой. Несмотря на большое количество материала, данное программное средство не рассчитано на проведение виртуальных экспериментов имеются только видеозаписи различных опытов.

3. Структура комплекса ВЛР

В комплекс включены четыре лабораторные работы, разработанные кафедрой физики Тульского государственного университета для курсов «Физика», «Оптика и квантовая физика»:

1. Изучение полупроводникового триода (рис. 1). В процессе работы снимаются входная и выходная характеристики транзистора. На основе экспериментальных данных определяется входное сопротивление триода, коэффициент усиления по току, а также строятся графики зависимостей тока от напряжения на эмиттере и на коллекторе.

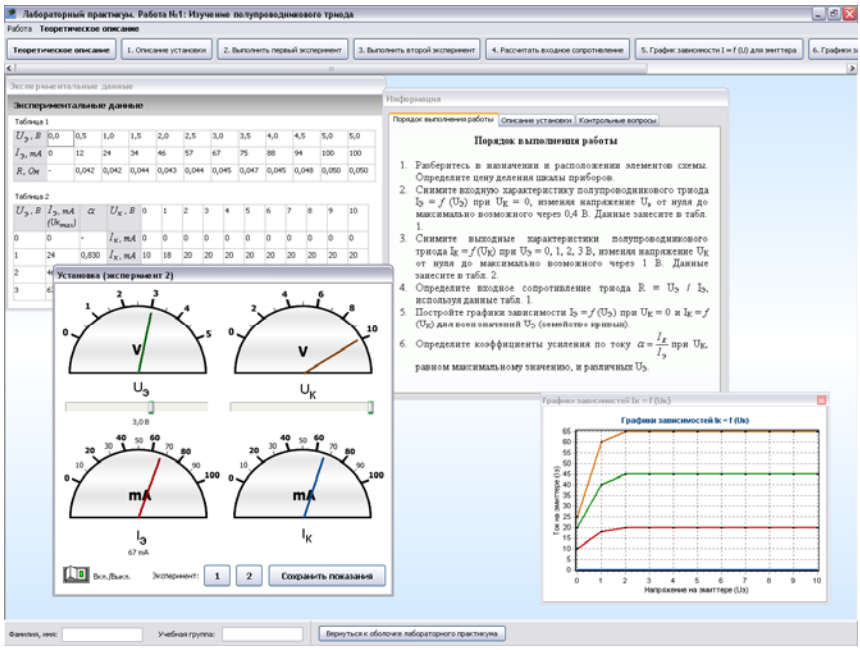

Рис. 1. ВЛР «Изучение полупроводникового триода»

2. Определение ширины запирающего слоя p-n-перехода и концентрации примеси в области лавинного пробоя (рис. 2). Экспериментальная часть работы состоит в определении величины напряжения на нелинейном элементе при изменении входного напряжения. Проводятся три опыта: для стабилитрона, для диода при прямом включении, и для диода при обратном включении. На основе экспериментальных данных определяется величина тока, протекавшего через элемент для всех трех случаев и строятся графики зависимостей токов от напряжений. Конечный результатом является вычисление ширины запирающего слоя p-n перехода и концентрации носителей заряда.

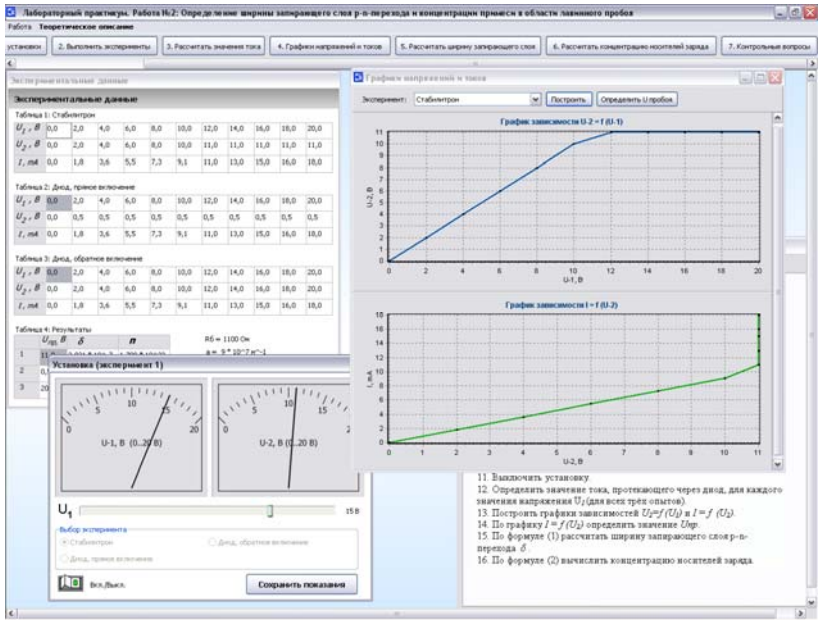

Рис. 2. ВЛР «Определение ширины запирающего слоя p-n-перехода и концентрации примеси в области лавинного пробоя»

3. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника и температурного коэффициента сопротивления металла (рис. 3). В процессе работы происходит нагревание и охлаждение образцов металла и полупроводника с фиксированием их электрического сопротивления. После проведения эксперимента строятся графики зависимости сопротивлений от температуры, вычисляется сопротивление металла при 0°С и определяется температурный коэффициент сопротивления металла. С помощью имеющихся формул и построенного графика вычисляется ширина запрещенной зоны полупроводника.

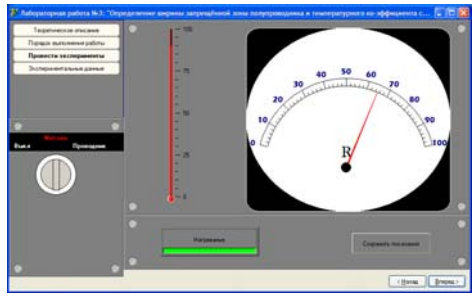

Рис. 3. ВЛР «Определение ширины запрещённой зоны полупроводника и температурного коэффициента сопротивления металла»

4. Снятие характеристик и определение параметров фотоэлемента (рис. 4). В процессе работы осуществляется фиксирование зависимости фототока от переменного напряжения, подаваемого на фотоэлемент, при различных значениях освещенности. Данные измерений заносятся в таблицу. После проведения эксперимента строятся вольт-амперные характеристики тока, при постоянном значении освещенности, график зависимости тока насыщения от значений освещенности. С помощью расчетной формулы определяется чувствительность фотоэлемента.

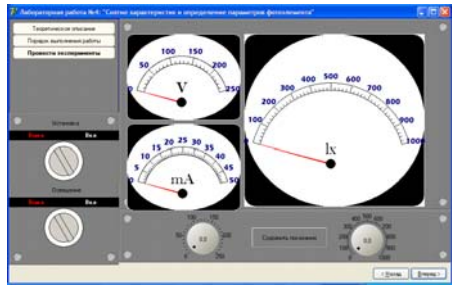

Рис. 4. ВЛР «Снятие характеристик и определение параметров фотоэлемента»

Все ВЛР разработаны силами студентов и магистрантов, обучающихся по профилю «Системы автоматизированного проектирования». Применялась среда разработки Delphi 2007 с рядом дополнительных компонентов для реалистичной визуализации приборов, выключателей и прочих органов управления. Кроме того, по каждой ВЛР был подготовлен включенный в ее состав обучающий видеоролик, в котором показан порядок проведения эксперимента с реальной установкой.

3.1. Применение комплекса ВЛР в ученбном процессе

Для каждой из ВЛР студент может просмотреть краткое описание (темы, которая данная работа затрагивает), а также увидеть примерное время выполнения работы. Время указано усредненное: выполнение виртуальной работы занимает меньше времени, чем выполнение реальной. Перед началом работы преподаватель вводит свой личный пароль, затем учащийся должен с разрешения преподавателя ввести свои идентификационные данные: ФИО, номер группы, номер студенческого билета. У студента должно быть изначальное представление о той работе, к которой он приступает, поэтому для получения допуска к выполнению работы, студенту предлагается собрать электрическую цепь экспериментальной установки. Затем студент получает доступ к выполнению лабораторной работы. Ему предоставляются несколько попыток выполнения работы для достижения наилучшего результата.

Виртуальная лабораторная работа происходит в несколько этапов – точно так же, как и реальная. В отдельном окне находится описание порядка выполнения работы – оно совпадает с описанием для реальной лабораторной

работы. На другой вкладке окна приведено описание установки и ее схема. На последней вкладке содержатся контрольные вопросы, на которые студенту рекомендуется ответить для успешного завершения работы.

В окне «Эксперименты» отображаются элементы управления, с которыми происходит взаимодействие: приборы, переключатели и т.д. Одновременно на экране присутствуют вкладки, на которых находятся экспериментальные данные. Следуя порядку выполнения работы, студент производит определенные операции в окне установки, после чего переносит эти данные в таблицы. Экспериментальные данные, получаемые при помощи виртуального комплекса включают случайную погрешность, поэтому полученные результаты у разных студентов будут различными, что приближает виртуальные лабораторные работы к реальным. Когда все эксперименты завершены, следует перейти ко второй части работы – обработке полученных данных. Это может быть расчет требуемых значений по формулам, построение графиков и т.п. Большую часть этих операций программы выполняют автоматически. Наконец, в программе доступен видеоролик, который содержит теоретическую часть по выполняемой работе, представленную в виде мини-лекции, а также наглядное выполнение работы на реальной установке.

Все данные о выполнение работы заносятся в базу данных: дата выполнения работы, количество попыток, правильность выполнения, полученные данные, ответы на контрольные вопросы, количество баллов за выполнение работы. Эти данные защищены и доступны только преподавателю.

Общий алгоритм работы с автоматизированной виртуальной лабораторией можно представить в виде блок-схемы (рис. 5):

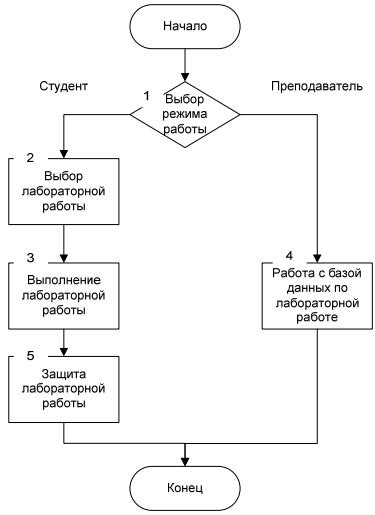

Рис. 5. Блок-схема процесса использования ВЛР

4. Результаты апробации виртуального лабораторного практикума

Применение виртуального лабораторного практикума проводилось для ряда студентов специальности САПР в 2009-2013 г. Тульского государственного университета в качестве дополнительного источника самоподготовки к лабораторной работе. Для осуществления данного вида самоподготовки студентам было выдано программное обеспечение, которое они имели возможность установить на личный компьютер, чтобы получить возможность работать с виртуальным лабораторным практикумом. Проведен сравнительный анализ результатов усвоения учебного материала студентов, осуществляющих подготовку при помощи данного практикума и студентов, использующих только стандартные методические материалы. В результате проведения анализа было выявлено:

1. успеваемость по лабораторному практикуму повысилась на 17,7%;
2. количество студентов, не сдавших лабораторные работы в течение семестра, уменьшилось на 10,7%;
3. время выполнения лабораторных работ сократилось на 10–50%;
4. существенно уменьшилось количество трудностей и вопросов студентов при выполнении лабораторных работ.

Таким образом можно заключить, что виртуальные лабораторные работы являются современным и эффективным решением ряда актуальных на сегодняшний день проблем. Поддержка лабораторным комплексом автоматизации процесса выполнения работы приближает дистанционное образование к реальному, формализует процесс оценки уровня знаний, повышает объективность оценки, снижает нагрузку на преподавателя при работе с большими потоками студентов.

Необходимо также отметить, что возможность самоподготовки учащихся перед выполнением реальной работы, при помощи виртуального лабораторного практикума, позволяет не только повысить качество обучения, но и сократить время работы реальных лабораторных установок, что увеличивает срок их эксплуатации.

В настоящее время представленный комплекс внедрен в учебный процесс кафедры физики Тульского государственного университета.

Литература

[1] KET Distance Learning. URL: http://www.dl.ket.org.

[2] Татенов А.М. Виртуальные лабораторные работы: хромосомная и теплофизическая лаборатория // XII Международная конференция-выставка «Информационные технологии в образовании» («ИТО-2012»). Ростов, 15–16 ноября 2012 года. URL: http://ito.edu.ru/2002/II/1/II-1-1261.html.

[3] Прохоров А. «1С:Репетиторы» – коммерция или подарок? // Компьютер-пресс. №10. 2000. URL: http://compress.ru/article.aspx?id=11936.

[4] Гавронская Ю.Ю., Алексеев В.В. Виртуальные лабораторные работы в интерактивном обучении физической химии // Известия Российского

государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Выпуск № 168. 2014. С. 79–84.
[5] Князева Е.М. Лабораторные работы нового поколения // Фундаментальные исследования. № 6. 2012. С. 587–591.
[6] Губский Е.Г. Виртуальные лабораторные работы по физике в системе дистанционного обучения // Современные проблемы науки и образования. № 1. 2009. С. 55.

Virtual Labs for Natural Sciences

Troitsky D., Dicova E.
Tula State University

The paper covers the virtual lab (VL) concept for natural sciences. The VL development and implementation is presented. The VL capabilities and its role in the academic process, the VL structure and applications are discussed. The VL features that make it as realistic as possible are presented. VL have distinct benefits compared to videos of physical experiments. VL can be used as a teaching aid at lectures and seminars to facilitate learning. VL shall be used both as stand-alone labs, and as an integrated self-study solution. A brief review of similar developments has been included.

The paper features a short description of four physics Vls. They are computer models of actual laboratory instruments available at the Dept. of Physics, Tula State University. The VLs for Physics and Optics and Quantum Physics courses are: Transistor Properties Investigation, Parting Layer Thickness Measurement in p-n Junction, Impurity Concentration Evaluation at the Avalanche Discharge Area, and Photocell Properties Evaluation. The VL implementation results have been given

Keywords: virtual lab; distant learning; physics education