Лабораторный практикум по физике на основе моделирования в среде MS Excel

И. Л. Данилов, Н. И. Егорова

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России

il_dan@mail.ru, enat99@yandex.ru

Аннотация

В статье показана возможность проведения лабораторного практикума при наличии только компьютерного оборудования и представлены разработанные лабораторные работы по различным темам курса общей физики.

Ключевые слова: лабораторно-практическое занятие, компьютерное моделирование, методика преподавания физики, интерактивное обучение, дистанционное обучение

Опыт проведения лабораторно-практических занятий (ЛПЗ) [1, 2] показывает, что для лучшего усвоения пройденного материала обучающимися необходимо наличие наглядных методик, позволяющих подробно обсудить рассматриваемые на лекционных занятиях физические законы и процессы. В результате того, что не всегда оснащенность аудитории позволяет проводить лабораторные работы в реальных условиях, возникает необходимость создания лабораторных работ, для выполнения которых достаточно компьютерного оборудования аудитории [3 – 5].

Особенно актуальной подобная методика проведения ЛПЗ является при проведении занятий дистанционно или при заочном обучении.

Выбор программной среды при проведении ЛПЗ обусловливается рядом факторов — степенью подготовки обучающихся в области компьютерной грамотности; возможностью (в том числе финансовой) установки необходимого программного обеспечения; наглядностью и вариативностью заданий, которая может быть ограничена в случае приобретения авторского виртуального лабораторного комплекса.

Опыт применения в процессе проведения занятий на инженерно-технических факультетах ВИТУ и Военных университетов радиоэлектроники и связи таких систем программирования как Mathcad, Matlab и тому подобных показал их удобство только при использовании на лекционных занятиях в

качестве добротного иллюстративного материала, так как установка программ производится лишь на ПК лектора. Несмотря на то, что интерфейс этих программ интуитивно понятен и расчетные формулы пишутся практически в обычном физическом виде, на ЛПЗ курсанты испытывают затруднения в процессе работы, так как изучение систем типа Mathcad не входит в учебные курсы информатики в школе и ВУЗах не физико-математического профиля. Составление расчетной формулы и внесение вариативности параметров даже в простых случаях занимает у обучающихся довольно много времени. Например, построение ангармонического сигнала по методу рядов Фурье (рис. 1) уже вызывает затруднения. А при переходе к 3D построениям, например, при изучении интерференции (рис. 2), самостоятельное получение правильного построения скорее является исключением, чем правилом.

$$f(x) := \text{if}(|x| < \pi, x, 0) \qquad f5(x) := 2\cdot\left(\sin(x) - \frac{\sin(2\cdot x)}{2} + \frac{\sin(3\cdot x)}{3} - \frac{\sin(4\cdot x)}{4} + \frac{\sin(5\cdot x)}{5}\right)$$

$$f50(x) := \sum_{n} 2\cdot(-1)^{n+1}\cdot\frac{\sin(n\cdot x)}{n} \qquad n := 1..50$$

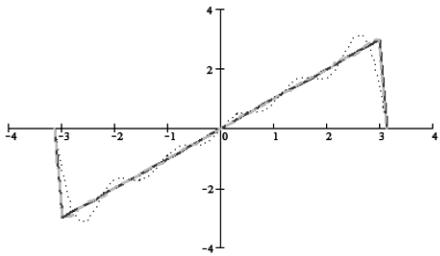


Рис. 1. Применение рядов Фурье для синтеза ангармонических сигналов

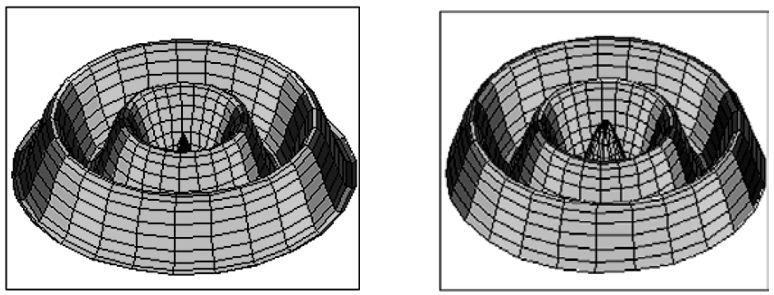


Рис. 2. Изучение явления интерференции волн

Ещё один вариант проведения ЛПЗ связан с применением специально разработанных виртуальных лабораторных комплексов, которые приобретаются у их правообладателей. При всей наглядности и простоте управления параметрами виртуальных приборов и здесь имеется ряд недостатков, проявляющихся в процессе ЛПЗ. Авторы имеют опыт работы с виртуальным

комплексом по физике, разработанным в Уральском государственном университете. Например, на рис. 3 показан виртуальный осциллограф, с помощью которого можно изучать электрические колебания и их сложение.

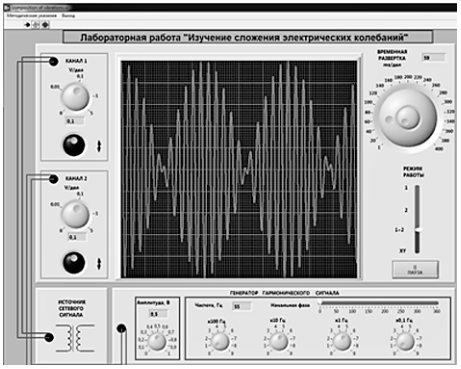


Рис. 3. Виртуальный осциллограф

В процессе занятий выяснилось, что нельзя изменять частоту колебаний в одном из каналов, погрешности построения биений слишком велики, некоторые фигуры Лиссажу не соответствуют указанной разности фаз и т. п. Внести корректировки самостоятельно невозможно. Подобные недостатки проявляются и в виртуальных установках по другим разделам физики.

Кроме того, количество ключей доступа ограничено, а при выходе их из строя с течением времени, выяснилась невозможность их замены.

То есть, после эксплуатации с отмеченными недостатками такого типа комплекса в течение трех-четырех лет необходимо покупать у разработчика новый набор работ.

В результате, после проведённого анализа, для сочетания экономичности, наглядности, эффективности, простоты управления параметрами изучаемых физических процессов авторы решили выбрать в качестве основы для проведения ЛПЗ в виртуальном варианте среду EXCEL. EXCEL, как и другие компоненты Microsoft Office, хорошо знакомы студентам и курсантам, которые проходят обучение на первом-втором курсе, из уроков информатики в школе и дополнительно изучаются в ВУЗе.

Полезной оказывается и «клеточная» система подачи информации в EXCEL, которая позволяет хорошо структурировать изучаемый материал, разделив постоянные и переменные характеристики процессов, проводить пошаговое построение графиков и их масштабирование, внедрение рисунков и текста.

В случае передачи прав на использование комплекса, составленного в среде EXCEL, сторонним пользователям нужно лишь сообщить пароль доступа к управлению параметрами и листинг программы для её вариации.

По перечисленным причинам в 2015 году в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России для проведения ЛПЗ была начата разработка в среде программирования EXCEL системы тестирования знаний и выполнению расчетно-графических работ (РГР), позволяющих обеспечить бесперебойное проведение ЛПЗ в аудиториях, оснащенных только компьютерным

оборудованием. для студентов и курсантов очной, заочной и дистанционной форм обучения.

Таким образом, выбор среды Microsoft Office для создания тестов и РГР обуславливается следующими факторами:

Во-первых, данное программное обеспечение было ранее установлено на всех компьютерах нашей лаборатории, что позволило сэкономить средства на закупке нового программного обеспечения;

Во-вторых, программа Microsoft Excel является удобным инструментом для дальнейшей обработки данных, полученных в ходе выполнения ЛПЗ. Такой подход позволяет значительно уменьшить время, затрачиваемое на математические расчеты, и уделить больше внимания подробному рассмотрению изучаемых физических законов и явлений;

В-третьих, данное программное обеспечение является наиболее широко распространенным из устанавливаемого на домашних компьютерах. Это позволяет использовать данные работы в качестве заданий для самостоятельного выполнения при дистанционном обучении.

Разрабатываемые работы должны были отвечать следующим требованиям:

- отбор, структурирование и систематизация учебного материала (теоретического, справочного и нормативного);
- математические модели, описывающие изучаемые физические явления, должны предоставлять возможность задавать не менее 10-15 вариантов заданий;
- наличие контролирующей составляющей.

Требование большого количества вариантов дает возможность не только обеспечить индивидуальное выполнение лабораторной работы каждым из обучающихся, но и провести общее сравнение всех полученных группой результатов и показать влияние различных условий эксперимента, что в свою очередь позволяет лучше понять рассматриваемые в работе физические законы.

Контролирующая составляющая подразумевает под собой внедрение тестовых заданий, выполнение которых в начале занятия может помочь проконтролировать готовность группы к ЛПЗ, а в случае проведения проверки после выполнения лабораторной работы позволит проконтролировать усвоение изучаемого материала. При этом наличие вариантов ответов во всех тестовых заданиях необязательно, вопросы, требующие числовое решение, можно вводить без вариантов ответа, что позволяет более объективно оценивать знания обучающихся.

В соответствии с данными требованиями в 2015/16 учебном году были разработаны РГР по темам «Изучение распределения Максвелла для молекул идеального газа» и «Построение графика функции Кирхгофа для теплового излучения» [6, 7]. Внешний вид распределения учебного материала на экране монитора показан на рис. 4 и рис. 5, соответственно.

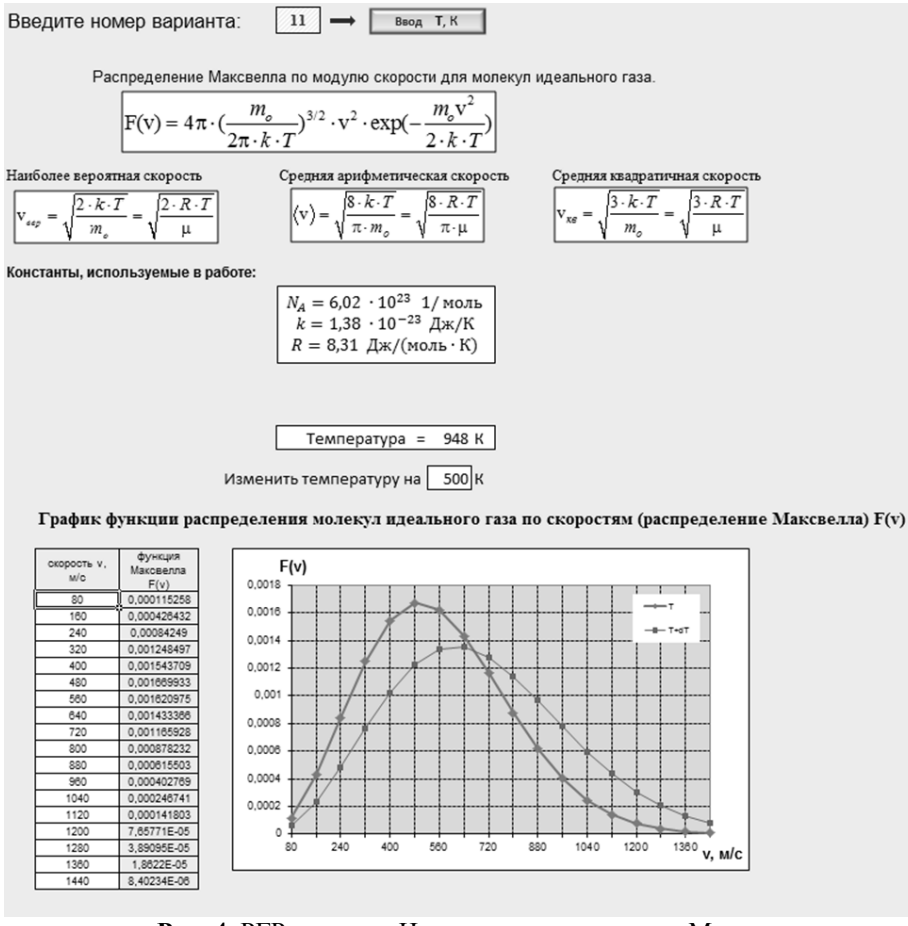
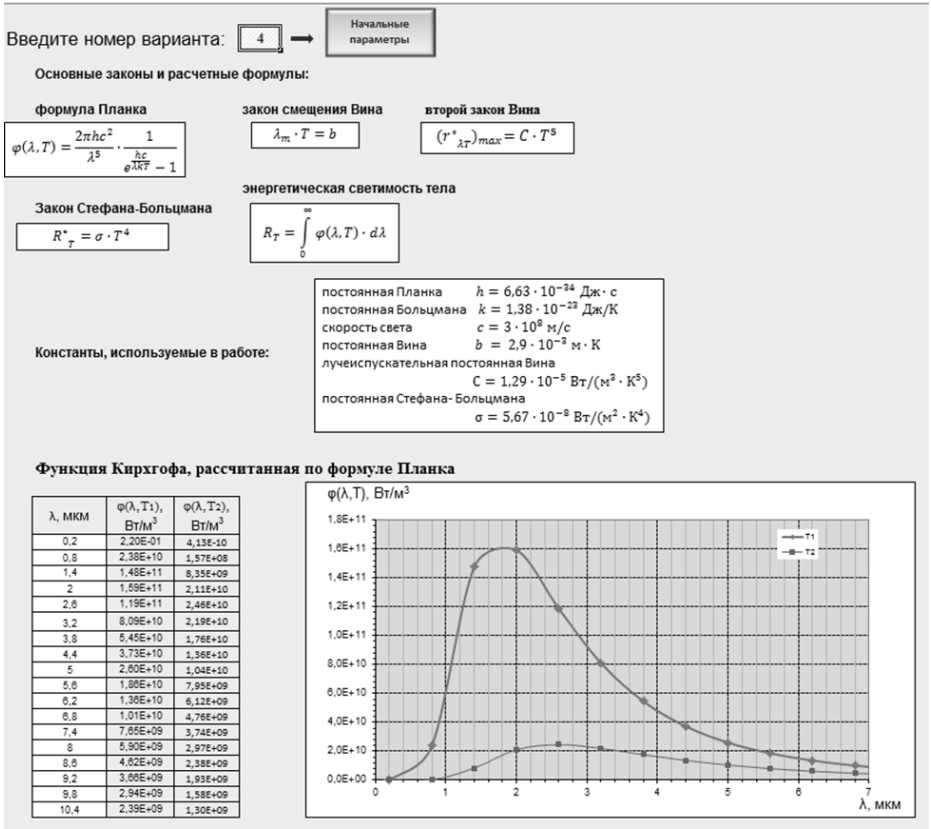


Рис. 4. РГР по теме «Изучение распределения Максвелла для молекул идеального газа»

Первая из представленных работ используется, для более подробного изучения материала по теме «распределение Максвелла для молекул идеального газа». Вариативность заданий достигается за счет изменения скрытых начальных параметров: температуры и рода газа, определение которых и является явной задачей работы. Расчет и построение функции Максвелла проводится автоматически в процессе ввода значений скоростей молекул. В ходе работы изучается влияние на вид функции температуры и параметров газа. Из построенных графиков получают значения, которые и позволяют рассчитать требуемые неизвестные характеристики газа.



λ, мкм	φ(λ,T1), Вт/м^3	φ(λ,T2), Вт/м^3
0,2	2,20E-01	4,13E-10
0,8	2,38E+10	1,57E+08
1,4	1,48E+11	8,35E+09
2	1,59E+11	2,11E+10
2,6	1,19E+11	2,46E+10
3,2	8,09E+10	2,19E+10
3,8	5,45E+10	1,76E+10
4,4	3,73E+10	1,36E+10
5	2,60E+10	1,04E+10
5,6	1,86E+10	7,95E+09
6,2	1,36E+10	6,12E+09
6,8	1,01E+10	4,76E+09
7,4	7,65E+09	3,74E+09
8	5,90E+09	2,97E+09
8,6	4,62E+09	2,38E+09
9,2	3,66E+09	1,93E+09
9,8	2,94E+09	1,58E+09
10,4	2,39E+09	1,30E+09

Рис. 5. РГР по теме «Построение графика функции Кирхгофа для теплового излучения»

Работа по теме «Построение графика функции Кирхгофа для теплового излучения» аналогична предыдущей: функция Кирхгофа строится автоматически при вводе начальных данных, а дальше проводится подробное изучение графика и связанных с ним физических законов и величин: температура тела, излучательная способность, энергетическая светимость, законы Вина и Стефана-Больцмана. Вариативность заданий также достигается за счет изменения скрытых начальных параметров, в данном случае температуры тела.

Эти разработки позволили проводить ЛПЗ в режиме индивидуального освоения учебного материала, когда в работу вовлекаются абсолютно все обучающиеся, присутствующие на занятии. Более того, при использовании возможности в конце занятия обобщить данные, полученные всеми обучающимися группы, можно показать более широкие закономерности исследуемых законов.

Учитывая удачный опыт, в 2016/17 были созданы программы для изучения учебных вопросов по темам «Автоматизация изучения явления интерференции на примере колец Ньютона» и «Автоматизация изучения явления дифракции

Фраунгофера на щели и дифракционной решетке». На рис. 6 и рис. 7, показан внешний вид программ, предлагаемых для работы курсантам.

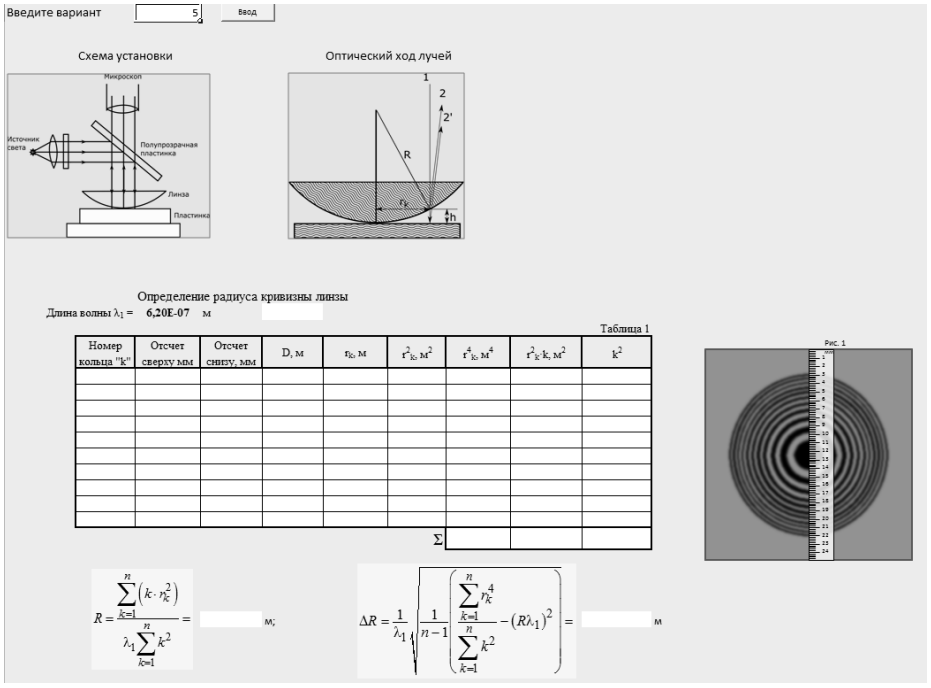


Рис. 6. РГР по теме «Автоматизация изучения явления интерференции на примере колец Ньютона»

В работе «Автоматизация изучения явления интерференции на примере колец Ньютона» (рис. 6) после ввода номера варианта программа строит соответствующую интерференционную картину колец Ньютона, зарегистрировав размеры которой необходимо рассчитать радиус используемой линзы. Результат необходимо записать с учетом погрешности измерений. Данные в таблицы и необходимые расчетные формулы обучающиеся вводят самостоятельно. Необходимое количество вариантов получено за счет изменения величин радиуса линзы и длины волны падающего света (с соответствующим окрасом колец). При обобщении итоговых результатов, можно просить сравнить полученные интерференционные картины при разных условиях и показать влияние радиуса линзы и длины волны на радиус наблюдаемых колец.

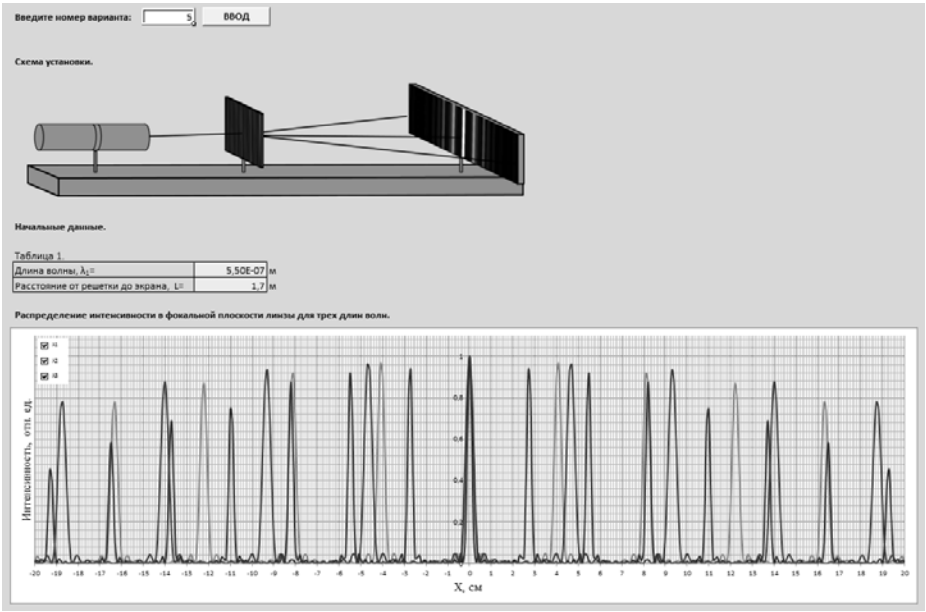


Рис. 7. РГР по теме «Автоматизация изучения явления дифракции Фраунгофера на щели и дифракционной решетке»

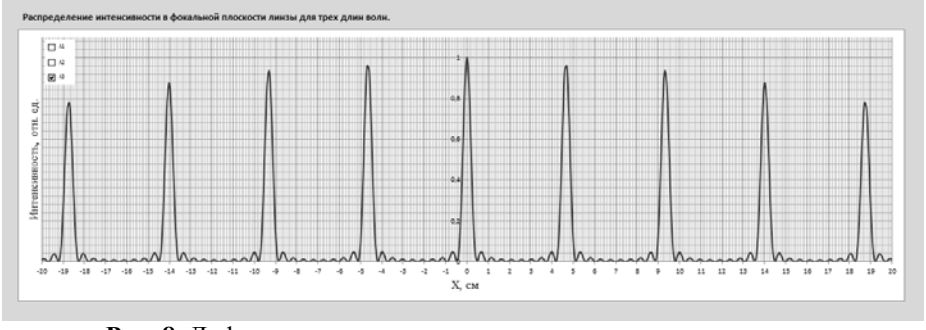


Рис. 8. Дифракционная картина, полученная с помощью решетки, при освещении ее только одной длиной волны

В работе «Автоматизация изучения явления дифракции Фраунгофера на щели и дифракционной решетке» после ввода номера варианта программа рассчитывает зависимость интенсивности сигнала от расстояния до центра дифракционной картины и выводит ее на экран. В задачу курсанта входит определить положения максимумов данной функции для разных длин волн, после чего вычислить постоянную решетки и неизвестные длины волн. Очень удобной функцией программы является возможность вывода различных графиков как одновременно на одних осях (рис. 7), так и по отдельности (рис. 8). Это позволяет наглядно показать, что происходит с дифракционной картиной при изменении длины волны, а затем убрать лишнюю информацию при проведении измерений и рассмотреть графики отдельно для каждой из длин волн. Вариативность в данном случае достигнута за счет изменения длин волн, освещающих решетку, длины и периода самой решетки.

Проводимые подобным образом занятия показали преимущества разработанной методики по сравнению с традиционным порядком проведения занятий, когда при отсутствии лабораторных установок на доске производится разбор пройденного материала, а потом решаются задачи. Занятия, с использованием разработанных РГР, проходят с большим интересом и ростом качества усвоения учебного материала, что подтверждается оценками, полученными обучающимися по итогам ЛПЗ. Учащиеся получают возможность индивидуального достижения поставленных перед ними целей. Программная математическая обработка данных позволяет уделить большее внимание физическим проблемам. А итоговое обобщение результатов, полученных группой в целом, позволяет глубже понимать изучаемые физические законы и процессы.

Литература

[1] Толстик А.М. Некоторые методические вопросы применения компьютерного эксперимента в физическом образовании // Физическое образование в ВУЗах. 2006. Т.12. №2. С.76-84.

[2] Стародубцев В. А. Лабораторный практикум по курсу физики как проектная обучающая среда // Вестник ТГПУ. 2012. № 4 (119). С.151 –154.

[3] Очков В. Ф. Excel и Mathcad: пути интеграции // КомпьютерПресс. 1998 №8.

[4] Теплотехнические этюды с Excel, Mathcad и Интернет / Под общ. ред. В.Ф. Очкова. 2-е издание, исправленное и дополненное. Издательство БХВ-Петербург. 2015. 336 с.

[5] Майер Р.В. Решение физических задач в электронных таблицах Excel // Учебное пособие [Электронное учебное издание на компакт-диске]. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2016. 148 с.

[6] Данилов И.Л., Егорова Н.И., Карташова А.П., Романов Н.Н. Автоматизация изучения характеристик молекул и газов на основе классической статистики Максвелла-Больцмана // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615696 от 27 мая 2016 г.

[7] Данилов И.Л., Егорова Н.И., Карташова А.П., Романов Н.Н. Автоматизация изучения законов и характеристик теплового излучения на основе построения функции Кирхгофа // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016616688 от 17 июля 2016 г.

Laboratory practical works on physics based on modeling in the spreadsheet MS Excel

I.L. Danilov, N.I. Egorova
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

The article shows the possibility of carrying out a laboratory practical work with computer equipment only and the developed laboratory works on various fields of a course of the common physics are presented.

Keywords: laboratory work, computer simulation, teaching physics method, interactive learning, distance learning