

№ 1279

В.А. Степанова

Физика

Лабораторный практикум
с компьютерными моделями

№ 1279

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра физики

В.А. Степанова

Физика

Лабораторный практикум с компьютерными моделями

Под редакцией профессора Д.Е. Капуткина

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ

Москва 2010

УДК 53:004
С79

Рецензент
д-р физ.-мат. наук, проф. *С.Д. Прокошкин*

Степанова В.А.

С79 Физика: Лаб. практикум с компьютерными моделями / Под ред. Д.Е. Капуткина. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. – 128 с.

В лабораторном практикуме приведены описания пятнадцати лабораторных работ с использованием компьютерных моделей (разработанных фирмой ФИЗИКОН) по разделам «Механика. Молекулярная физика и термодинамика», «Электромагнетизм» и «Оптика. Атомная и ядерная физика». Виртуальные лабораторные работы поставлены таким образом, что соответствуют натурным экспериментам лабораторных работ, выполняемых на базе оборудования фирмы RHYWE. Соответствие работ отражено в их нумерации: лабораторные работы с использованием компьютерных моделей имеют нумерацию с буквой «к». В каждой работе дана методика виртуального эксперимента, содержащая краткое теоретическое введение и описание компьютерной модели.

Содержание работ соответствует учебной программе курса «Физика». Предназначен для студентов всех специальностей.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Введение.....	5
1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика.....	12
Лабораторная работа № 1-02к. Упругие и неупругие соударения.....	12
Лабораторная работа № 1-05к. Свободные колебания (математический маятник).....	18
Лабораторная работа № 1-07к. Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).....	22
Лабораторная работа № 1-08к. Адиабатический процесс	27
2. Электромагнетизм.....	31
Лабораторная работа № 2-02к. Цепи постоянного тока	31
Лабораторная работа № 2-03к. Магнитное поле прямого тока.....	40
Лабораторная работа № 2-05к. Определение удельного заряда частицы методом отклонения в магнитном поле	45
Лабораторная работа № 2-09к. Электрическое поле точечных зарядов	61
Лабораторная работа № 2-10к. Закон Ома для постоянного тока.....	71
Лабораторная работа № 2-14к. Магнитное поле соленоида.....	85
Лабораторная работа № 2-16к. Электромагнитная индукция	93
3. Оптика. Атомная и ядерная физика	103
Лабораторная работа № 3-02к. Моделирование оптических приборов	103
Лабораторная работа № 3-06к. Внешний фотоэффект	111
Лабораторная работа № 3-07к. Определение постоянной Ридберга по спектру излучения атомарного водорода	117
Лабораторная работа № 3-12к. Кольца Ньютона	123

ПРЕДИСЛОВИЕ

Преподавание курса общей физики в техническом вузе, наряду с усвоением фундаментальных знаний и законов, подкрепленных натурным лабораторным практикумом, имеет также целью привить студентам навыки и умение моделировать физические процессы и явления. Поэтому комплексный подход к использованию виртуального и натурального лабораторных практикумов по физике является методически обоснованным. Не заменяя традиционные формы обучения, применение компьютерных моделей в физическом практикуме дает новые технологии для процесса обучения. Компьютерные модели являются наглядным представлением экспериментов, достоверно отражают физические законы, а диапазон регулируемых параметров позволяет получать достаточное количество исследуемых состояний.

В настоящий лабораторный практикум вошли описания пятнадцати лабораторных работ с использованием компьютерных моделей (разработанных фирмой ФИЗИКОН), выполняемых студентами 1-го и 2-го курсов всех специальностей МИСиС в соответствии с учебными планами по курсу «Физика» по разделам «Механика. Молекулярная физика и термодинамика», «Электромагнетизм» и «Оптика. Атомная и ядерная физика». Виртуальные лабораторные работы поставлены таким образом, что соответствуют натурным экспериментам лабораторных работ, выполняемых на базе оборудования фирмы RHYWE. Соответствие работ отражено в их нумерации: лабораторные работы с использованием компьютерных моделей имеют нумерацию с буквой «к». Например, лабораторная работа № 1-05к «Свободные колебания (математический маятник)» соответствует лабораторной работе № 1-05 «Математический маятник» в практикуме кафедры физики НИТУ «МИСиС».

Описание каждой работы включает в себя разделы: 1. Цель работы; 2. Методика виртуального эксперимента (с краткой теорией и описанием компьютерных моделей); 3. Порядок выполнения работы; 4. Обработка результатов измерений; 5. Контрольные вопросы для самопроверки; 6. Библиографический список.

В некоторых лабораторных работах идея использования компьютерных моделей принадлежит Ю.В. Тихомирову и Б.К. Лаптенкову (фирма «Физикон»).

ВВЕДЕНИЕ

Для подготовки и выполнения виртуальных лабораторных работ, в которых используются компьютерные модели, разработанные фирмой «Физикон», необходимо на рабочем столе компьютера дважды щелкнуть левой кнопкой мыши, когда ее указатель расположен на ярлыке «зеленое дерево» с надписью «ФИЗИКА». В открывшемся окне находятся папки с описанием лабораторных работ и сборник компьютерных моделей «ОТКРЫТАЯ ФИЗИКА 1.1».

Открытие папки «ФИЗИКА. Лабораторный практикум с компьютерными моделями», в которой содержатся описания лабораторных работ с нумерацией №... – ...к (например, 2-16к), позволяет подготовиться к лабораторным работам.

Для выполнения лабораторной работы (для запуска виртуальной лабораторной работы) необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши, когда ее указатель расположен над эмблемой сборника компьютерных моделей «Открытая физика 1.1.» на рабочем столе. После этого на экране появится диалоговое окно, представленное на рис. В1.

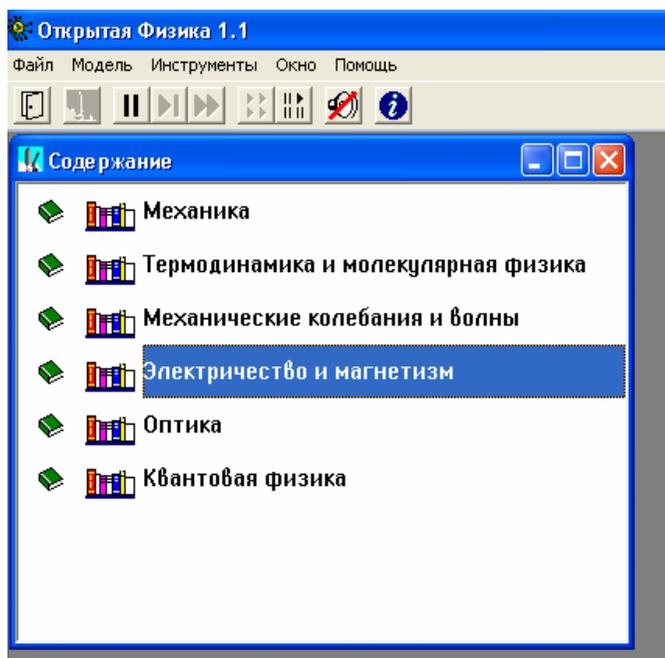


Рис. В1. Содержание «Сборника компьютерных моделей «Открытая физика 1.1»»

Далее необходимо выбрать раздел, указанный в лабораторной работе; для этого следует дважды щелкнуть левой кнопкой мыши, установив ее указатель на названии раздела, в котором расположена данная модель. В разделе «Электричество и магнетизм» вы увидите диалоговое окно, изображенное на рис. В2.

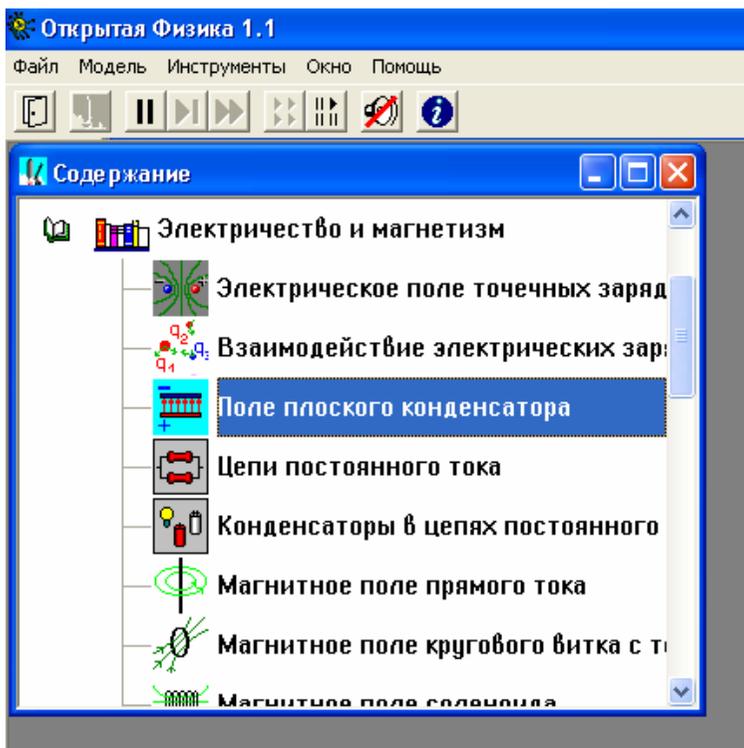


Рис. В2. Диалоговое окно раздела «Электричество и магнетизм» в «Сборнике компьютерных моделей "Открытая физика 1.1"»

Чтобы увидеть дальнейшие пункты содержания данного раздела, надо щелкать левой кнопкой мыши, установив ее указатель на кнопке со стрелкой вниз, расположенной в правом нижнем углу внутреннего окна.

Прочитав надписи во внутреннем окне, установите указатель мыши на названии требуемой компьютерной модели и дважды кратко нажмите левую кнопку мыши. Например, для компьютерной модели «Электромагнитная индукция» в разделе «Электричество и магнетизм» окно будет выглядеть так, как представлено на рис. В3.

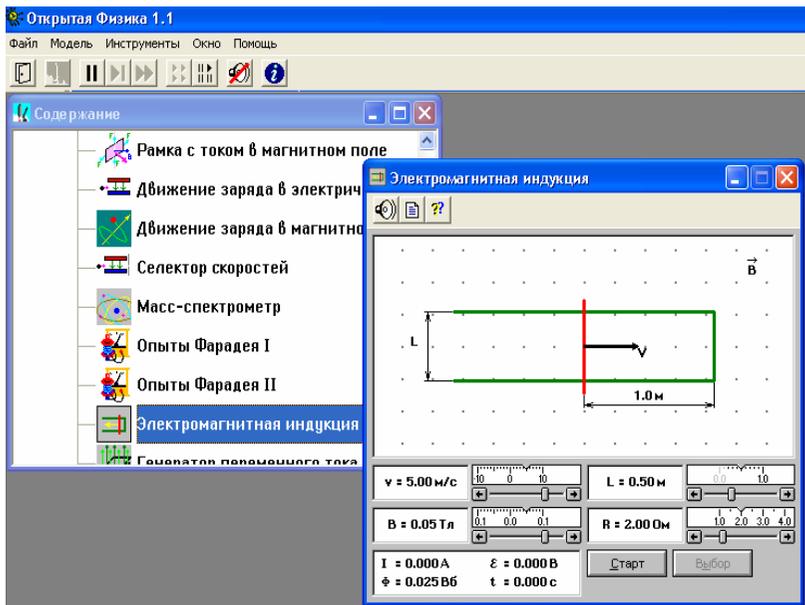


Рис. В3. Диалоговое окно компьютерной модели «Электромагнитная индукция» в разделе «Электричество и магнетизм»

Кнопки, расположенные в верхней части окна (под параметрами панели инструментов), являются служебными. Назначение каждой кнопки проявляется, когда указатель мыши располагается над ней в течение 1–2 секунд (без нажатия кнопок мыши). Очень важными являются следующие кнопки: кнопка с двумя вертикальными чертами «||», которая служит для остановки эксперимента, и рядом расположенные кнопки – для шага «▶|» и для продолжения «▶▶» работы.

В появившемся внутреннем окне компьютерной модели сверху также расположены служебные кнопки. Кнопка с изображением страницы служит для вызова кратких теоретических сведений из соответствующего раздела курса «Общая физика», которому соответствует компьютерная модель. Перемещать окна можно, «зацепив» мышью заголовок окна (имеющий синий фон).

Перед выполнением лабораторной работы *внимательно рассмотрите окно модели, найдите все регуляторы и другие элементы, которые позволяют изменять задаваемые значения величин для виртуального эксперимента.*

Например, компьютерная модель «Электромагнитная индукция» (рис. В4) позволяет устанавливать значения длины L перемычки и ее сопротивления R , значение и направление скорости v движения перемычки и индукции B магнитного поля, в котором расположен замкнутый контур. В окне модели есть две кнопки – «Старт» и «Выбор». При нажатой кнопке «Выбор» задают значения величин для виртуального эксперимента, и при этом в левом нижнем углу окна модели (см. рис. В4) регистрируется значение магнитного потока Φ , пронизывающего замкнутый контур. Нажатием кнопки «Старт» запускается виртуальный эксперимент, в процессе которого в левом нижнем углу окна модели появляются значения тока I , ЭДС \mathcal{E} и времени t . По окончании эксперимента магнитный поток равен нулю (рис. В5).

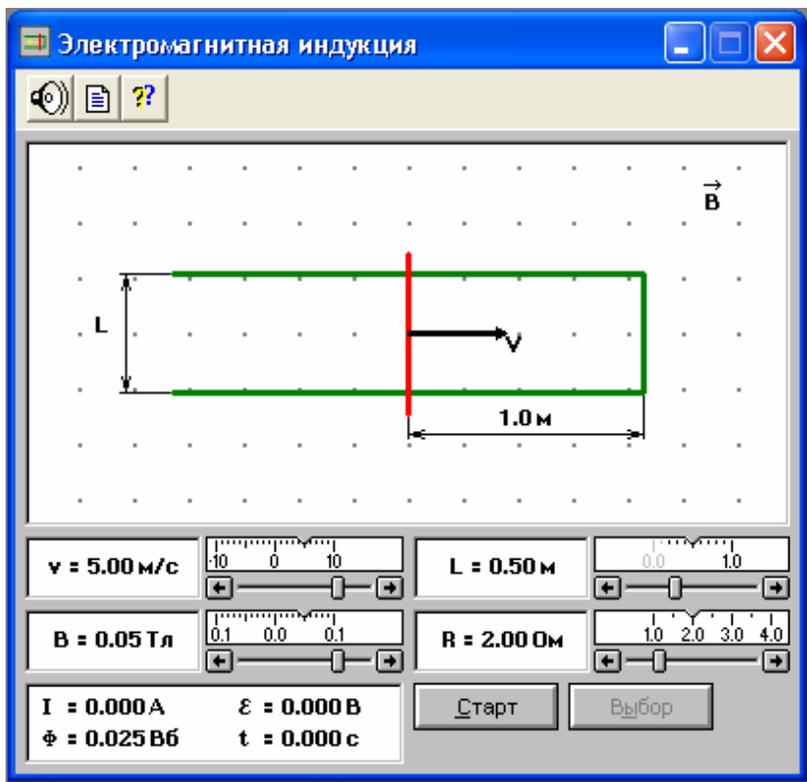


Рис. В4. Окно компьютерной модели «Электромагнитная индукция» в режиме «Выбор»

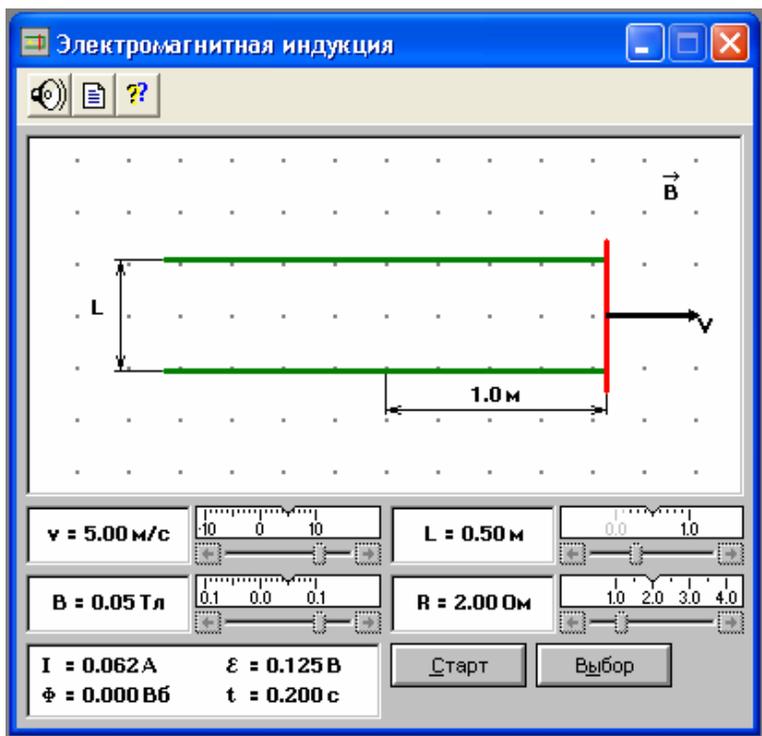


Рис. В5. Окно компьютерной модели «Электромагнитная индукция» в режиме «Старт»

После выполнения лабораторной работы необходимо поочередно (начиная с окна компьютерной модели) закрыть все окна на рабочем столе. Для закрытия окна надо нажать с помощью мыши кнопку с крестом в верхнем правом углу данного окна.

При **обработке результатов эксперимента** используют метод определения постоянной величины из графика линейной функции $y = f(x)$ (рис. В6) в случае, если постоянная величина k является коэффициентом пропорциональности, т.е. когда

$$y = kx. \quad (B1)$$

Экспериментальные данные отмечают в виде точек (при однократных измерениях), либо в виде области возможных значений (при многократных измерениях) в системе координат YOX и проводят прямую с некоторой достоверностью, если точки не лежат точно по прямой, или прямо по экспериментальным точкам, если они укладываются в прямую.

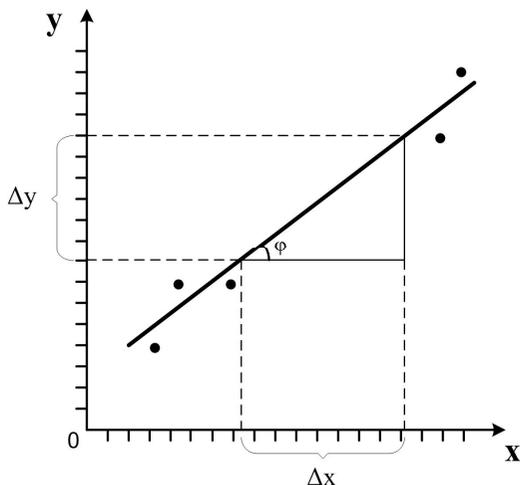


Рис. В6. График линейной функции $y = f(x)$

Далее *отмечают* в средней части этой прямой область, граничные точки которой дают в проекции на оси абсцисс и ординат численные значения интервалов Δx и Δy , по которым вычисляют постоянную величину k :

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (\text{B2})$$

где $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ – это *отношение приращения функции к соответствующему приращению аргумента*.

Иногда в литературе такой метод определения постоянной величины k излагают как *метод определения постоянной величины по тангенсу угла наклона линейной функции к оси абсцисс*. Действительно, из рис. В6 видно, что отношение $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ – это отношение противолежащего катета угла φ к прилежащему катету этого угла, что является тангенсом угла φ , т.е.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (\text{B3})$$

При такой методике определения постоянной угол φ также необходимо отмечать в средней части прямой линии (см. рис. В6).

Для примера рассмотрим лабораторную работу № 1-05к, в которой по экспериментальным данным строят график зависимости квадрата периода колебаний математического маятника от длины его нити: $T^2 = f(L)$. Из графика определяют значение ускорения свободного падения g , используя формулу $g = 4\pi^2 \frac{\Delta L}{\Delta(T^2)}$, где $\frac{\Delta L}{\Delta(T^2)}$ – отношение изменения длины математического маятника к соответствующему изменению квадрата периода колебаний этого маятника.