

# Виртуальный лабораторный практикум по физике в рамках flash - технологий

Томский политехнический университет.  
Ларионов В.В., Пичугин Д.В.



В.В. Ларионов



Д.В. Пичугин

*Рассмотрены научно-методические основы создания и применения виртуального лабораторного эксперимента с использованием FLASH-технологий для проведения занятий по физике, в том числе для организации практических занятий и в лекционном демонстрационном эксперименте. Предложенная методология лабораторных работ полезна для системы открытого и инженерного образования в целом.*

В настоящее время широко дискутируется важная для инженерного образования проблема соотношения между различными типами (видами) экспериментального сопровождения курса физики. Речь идёт о натуральных экспериментах прямого доступа (информационные технологии прямого доступа), экспериментах демонстрационного типа, компьютерных моделях [1,2], компьютеризированных макетах и лабораторных работах различных поколений [3]. При этом термин "электронный" применяют в самых разнообразных вариантах для обозначения совершенно различных видов "экспериментального" обеспечения. Часто, как основное преимущество использования электронных средств в открытом дистантном образовании, приводится их альтернативность применению сложного дорогостоящего физического оборудова-

ния. Предлагаемые в Интернет-сети виртуальные эксперименты отличаются по содержанию, качеству описываемых опытов, объёмности, сложности выполняемых лабораторных работ при идентичных названиях. Проблема повторяет ситуацию с натурным и демонстрационным экспериментом, кроме, пожалуй, традиционного раздела "Механика. Молекулярная физика и термодинамика". Кроме того, электронные средства для открытого и дистантного образования должны быть более высокого качества, так как являются единственными средствами "экспериментального" обеспечения лекционной и лабораторной составляющих курса физики. Имеющееся современное программное обеспечение позволяет говорить о необходимости замены устаревшей системы "Контрольные работы для ДО и ОО" новыми проектно-электронными задачами. Разработка концепции виртуальных лабораторных работ, приборного обеспечения в электронном варианте, изучения возможности применения данных средств в лекционном демонстрационном эксперименте и на практических занятиях является актуальной проблемой для инженерного образования. Анализ данной концепции на конкретных примерах FLASH- технологий представляет новизну и цель данной статьи.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что взаимное

дополнение натурального, модельного, электронного вариантов, при обеспечении требуемой точности, делает виртуальный эксперимент существенным элементом повышения качества обучения и усиления его мотивации. Кроме того, задачи для семинарских занятий выраженные не только в текстовом виде, но и представленные в модельно-объёмном лабораторном варианте, позволяют обучать принятию технических решений различных уровней. Это является весьма важным элементом инженерного образования.

Для конкретизации концептуальных элементов изучаемой темы приведём ряд примеров.

I. Механика. Колебательное движение. Развивающие уровни обучения по принятию технических решений.

A. Рассматривается виртуальная лабораторная работа "Колебания пружинного маятника" массой  $m$  и жесткостью  $K$  (рис.1). Частота колебаний равна  $\omega_0 = \sqrt{K/m}$  (1). Длину пружины  $l$  можно изменить механически, укоротив её или пропустить ток  $I_0$ . При этом изме-

нение длины равно 
$$\Delta l = \frac{\mu N^2 S I_0^2}{2l_K^2} \quad (2),$$
 где  $N$  - число витков пружины,  $l_K$  - конеч-

ная длина пружины,  $\mu_0$  - магнитная постоянная,  $S$  - площадь поперечного сечения пружины. Комментарии к выводу формулы (2) приведены в отдельном файле, доступ к которому осуществляется посредством гиперссылки. Если ток  $I$  в (2) нарастает по закону

$$I = I_0 [1 - \exp(-\frac{R}{L}t)] \quad (3),$$
 то изменение

длины пружины  $\Delta l$  в виртуальном режиме также определяется данным законом. Здесь  $R$  - активное сопротивление, а  $L$  - индуктивность пружины. Схему пропускания тока через пружину предлагают студенты.

B. Для модификации коэффициента жесткости пружины включают магнитное поле. Коэффициент  $K(B)$  становится функцией магнитного поля. Соответственно модифицируется частота коле-

баний 
$$\omega_0^* = \sqrt{\frac{K(B)}{m}} \quad (4).$$
 Магнитное поле  $B$  создается различными способами, которые приводятся на отдельных страницах файла описания лабораторной работы, доступ к которым также реализуется посредством гиперссылки. Способы создания магнитного поля приводятся на отдельных страницах файла описания лабораторной работы. В рассматриваемом варианте применены катушки Гельмгольца. В игровом варианте приведенное решение является техническим, инновационным и новым.

C. Снять остаточную намагниченность и тем самым вновь модифицировать  $K$  можно различными способами. Один из них - нагрев до температуры

Кюри (см. рис. 2) 
$$\chi = \frac{C}{T - \theta} \quad (5),$$
 где  $C$  - константа Кюри,  $\theta$  - температура Кюри,  $\chi$  - удельная магнитная восприимчивость. Для железа  $\theta = 1042$ о К. Описание этого явления также размещается на отдельном файле. В виртуальной работе при нагревании происходит изменение частоты колебаний, что фиксируется в таблице экспериментальных данных.

II. Изучение магнитных явлений (явление диамагнетизма). (Виртуальный эксперимент, предназначенный для любой компоненты учебного процесса.) Задавание. Определить силу, действующую на 1 г диамагнитного вещества (водород), помещённого в неоднородное магнитное поле  $B$  с известной неоднородностью  $\partial B / \partial Z$ . Построить графики зависимости величины силы от  $B$  и  $\partial B / \partial Z$ . Проанализировать явление на атомном уровне в виртуальном варианте.

Пусть заряд  $q$ , масса которого  $m$ , движется по круговой орбите радиуса  $r$  с линейной скоростью  $v_0$ . Если некоторым образом создать магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ , изменяющееся со скоростью  $\partial B / dt$ , то вдоль орбит возникает индуцированное электрическое поле  $E$  (рис. 3). Это поле можно легко вычислить

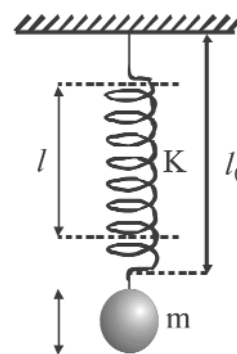


Рис. 1

131

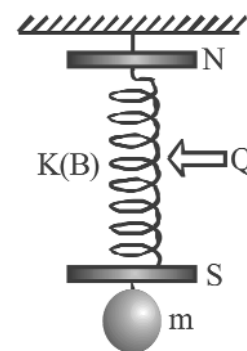


Рис. 2

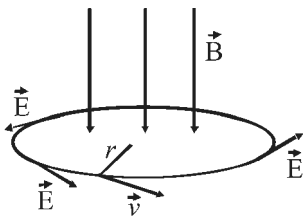


Рис. 3

$\oint \vec{E} d\vec{l} = -\pi r^2 \frac{\partial B}{\partial t}$  по закону индукции Фа-

радея - Максвелла,  $E = \frac{r}{2} \cdot \frac{\partial B}{\partial t}$ . Если заряд положительный, то поле E ускоряет

частицу  $m_e \cdot \frac{\partial v}{\partial t} = qE = \frac{qr}{2} \cdot \frac{\partial B}{\partial t}$  Это соотношение позволяет вычислить измене-

ние скорости  $\partial v = \frac{qr}{2m} \partial B$ . Пусть изменение B происходит от 0 до  $B_1$ , тогда

$\Delta v = \frac{qr}{2m} B_1$ . Возрастание скорости движения заряда равносильно увеличе-

нию магнитного момента  $\Delta P_m$  на вели-

чину  $\Delta P_m = \frac{q^2 r^2}{4m_e} B_1$ .

При любом знаке заряда и любом направлении вращения справедливо со-

отношение  $\Delta \vec{P}_m = -\frac{qr}{4m_e} \vec{B}_1$  (6).

Из рисунков (4, 5) хорошо видно, что  $\Delta \vec{P}_m$  направлен против поля B, которое возрастает от 0 до  $B_1$ . Если предположить, что при изменении B  $\Delta r \approx 0$ , т.е. заряд (электрон в атоме) движется по орбите того же радиуса.

Применим уравнение (6) для всех электронов вещества. В веществе половина электронов вращается по часовой стрелке, другая - против часовой стрелки, однако у всех их возникает до-

полнительный магнитный момент  $\Delta \vec{P}_m$ , направленный против поля B.

Окончательно суммарный дополнительный магнитный момент равен

$\sum \Delta P_m = \Delta P_m \cdot n$ , где n - число атомов (молекул) в 1г вещества. ( $n \approx 3 \cdot 10^{23}$  атомов в 1г водорода). Известно, что  $r = 0,5 \cdot 10^{-10}$  м.

$$F_z = n \cdot \sum \Delta P_m \cdot \frac{\partial B}{\partial Z} = \frac{3 \cdot 10^{23} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot (0,5 \cdot 10^{-10})^2 \cdot 1,817}{4 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}} = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$$

Этот результат хорошо согласуется с натурным экспериментом. Известно, что все вещества обладают диамагнитными свойствами.

В лабораторной работе при увеличении  $\partial B / \partial Z$  образец  $\Delta$  (диамагнетик) выталкивается из поля, а образцы П (парамагнетик) и Ф (ферромагнетик) втягиваются в поле, так как вектор  $\Delta \vec{P}$  у последних образцов направлен по полю  $\vec{B}$ .

Легко видеть, что представленный материал может быть эффективно использован как на лекциях в демонстрационном виде, так и для лабораторных и практических занятий.

### Заключение.

В отличие от модельных экспериментов виртуальные, при обеспечении необходимой точности, позволяют не только промоделировать явления, но и визуализировать их в почти натурном виде. Единый виртуальный эксперимент для всей схемы лекция - практические занятия - лабораторный практикум обеспечивает качество обучения и развивает техническое мышление, столь важное для инженерного образования.

Авторы продолжают работу над созданием глобальной серии виртуальных приборов для лабораторного практикума и техники современного технологического эксперимента с их использованием в инженерном образовании.

### Литература.

1. Козёл С.М. Открытая физика. <http://www.physikon.ru>
2. Козёл С.М., Тихомиров Ю.В. Виртуальный практикум по физике. . <http://www.physikon.ru>
3. Чернов И.П, Ларионов В.В. и др. Компьютеризированные лабораторные работы III поколения по физике как основа информационных технологий элитного образования. Материалы IX Международной конференции "Современные технологии обучения СТО - 2003. - С.Петербург.Т.1, 2003 - с.193 - 194.

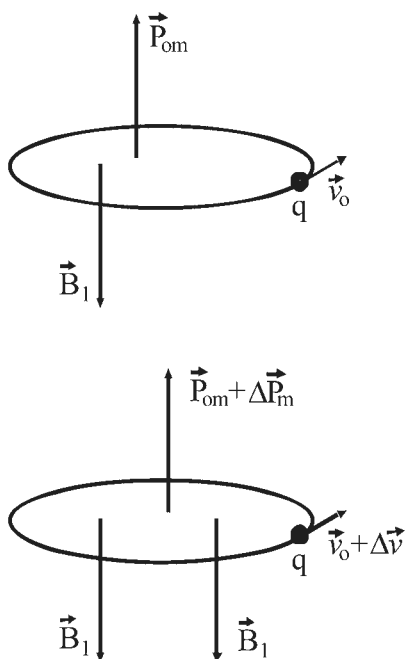


Рис. 4

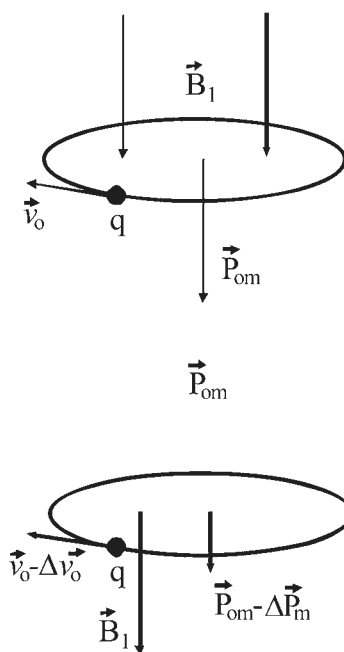


Рис. 5

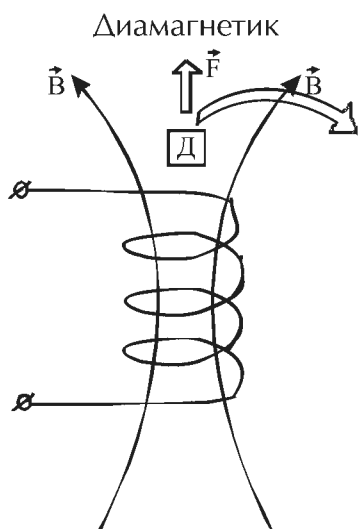
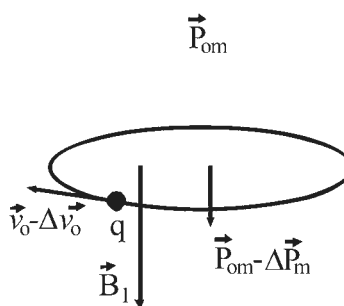
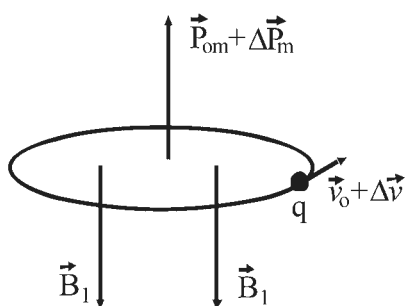


Рис. 6

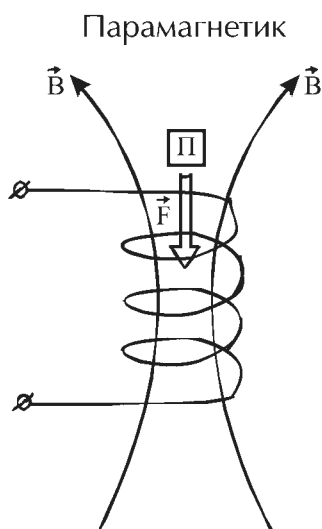


Рис. 7

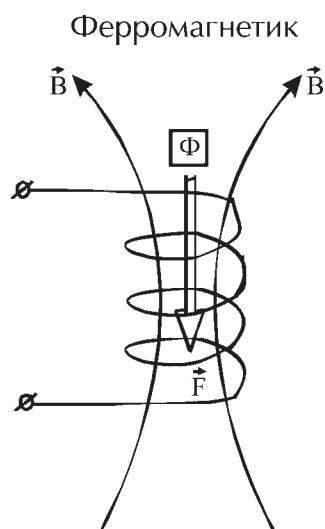


Рис. 8