

# Инновационное проблемно (проектно)–ориентированное обучение физике в лабораторном практикуме по механике в технических университетах

Томский политехнический университет  
*Чернов И.П., Ларионов В.В.*



Чернов И.П.



Ларионов В.В.

Обсуждается опыт по организации проблемно-ориентированного обучения (ПОО) физике. При этом предлагается введение ПОО на младших курсах технических университетов специальности «Физика». В настоящей статье приведен пример организации обсуждаемого обучения в лабораторном практикуме по механике на тему: «Физический (оборотный) маятник».

**Введение.** Проблемно-ориентированное обучение физике в общем случае опирается на общепсихологические и дидактические закономерности и, как показывает педагогический эксперимент, в сочетании с традиционными методами, способствует активизации самостоятельной деятельности студентов. Применение ПОО создает необходимые условия для развития познавательной мотивации и преобразует потребность в деятельности [1, 2]. При этом возрастает потребностное состояние, когда мотив изучения преобразуется в устойчивое стремление к познавательно-ориентированному процессу получения знаний. Одновременно решается задача формирования у студентов элементов инновационной деятельности [3 — 6], а также механизма функционирования и развития личности – рефлексии, персонализации и стереотипизации. Очевидно, что формирование инженерных инновационных умений и навыков необходимо начинать с младших курсов

[2, 6, 7] при весьма важном условии сохранения фундаментальности традиционного образования в России.

В настоящее время дидактическая система в лабораторном практикуме реализуется следующими способами при их взаимном сочетании.

1. Традиционно-ориентированный практикум, в котором в основном осуществляется оперативное использование знаний и получение экспериментальных навыков.

2. Технологически-ориентированный физический практикум, при котором широко используется исследование различных веществ, например студенты строительных специальностей изучают электрические поля конденсаторов, диэлектрической средой которых служат кирпич, бетон и т.д.; химико-технологических специальностей – спектры поглощения различных растворов, масел, бензина и т.д.

3. Системно-ориентированный практикум, когда проводится моделирование профессиональной деятельности.

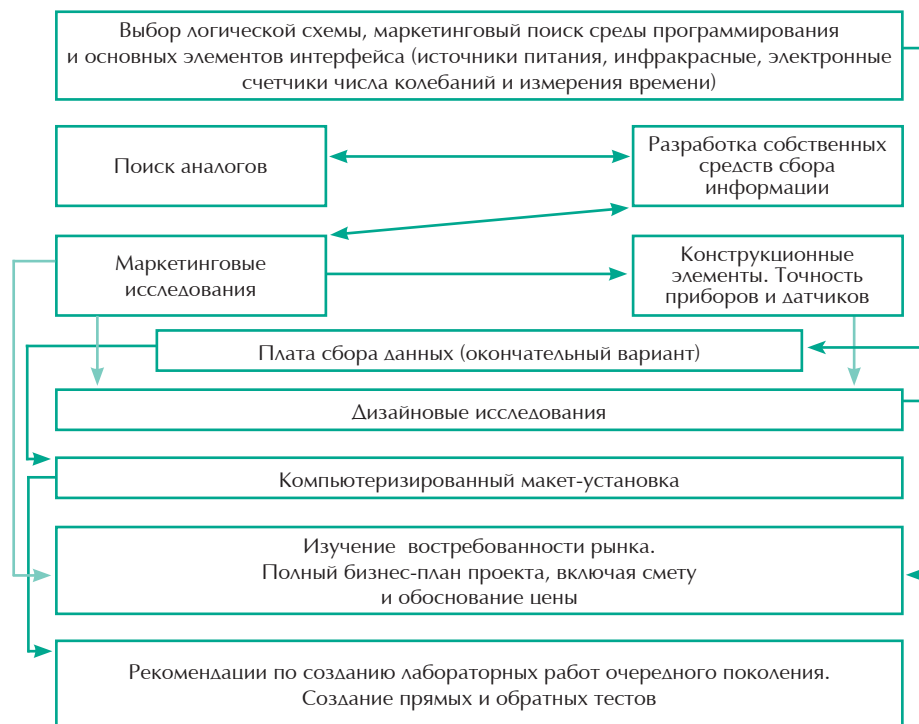
Таким образом, существующий физический практикум не содержит механизм обучения основным принципам инженерной деятельности, ориентированной на создание новых изделий, воспринимаемых рынком, хотя бы в условном варианте.

Целью данной статьи является разработка и анализ основных элементов и конкретных схем организации проблем-

**Программа по проблемно-ориентированному изучению**



**Программа по проблемно-ориентированному изучению**



но-ориентированного изучения физики на примере «Оборотный (физический) маятник». Конечным результатом является создание компьютеризированного макета-установки, виртуальной лабораторной работы и оценка их рыночной востребованности. Проект выполняли три студента 3-го курса.

В программе находит дальнейшее развитие концептуальная идея междисциплинарного изучения, так как включаются принципы инновационной инженерной деятельности, осознанного изучения в параллельном режиме курсов электроники, экономики, моделирования, среды программирования, технического рисования, элементов технического дизайна. В реализованном проекте снимаются противоречия в системе натурный эксперимент (технология прямого доступа) – виртуальный эксперимент (моделирование) – компьютеризированный эксперимент, так как в процессе изучения можно использовать полную программу или ее часть [3-5]. Отметим, что традиционное моделирование [9] не предполагает проектных решений.

При выполнении проекта проводилось также расширенное теоретическое и компьютерное конструирование колебательных систем.

**Натурно-виртуальные проекты. Методика и примерная схема их реализации**

Пример: колебания в системе двух тел.

1. Рассматриваются математический и физический маятники. Применяются известные расчетные формулы:

$$T = 2 \sqrt{\frac{L}{g}} \quad T = 2 \sqrt{\frac{I}{mga}}$$

где  $I$  – момент инерции физического маятника,  $L$  – длина подвеса математического маятника,  $a$  – расстояние от центра тяжести до точки закрепления физического маятника. Выполняется виртуальная работа.

Учитываются факторы, влияющие на точность измерения:

а) сила Архимеда. Предлагается сделать вывод известной формулы:

$$T = 2 \sqrt{L / \left( g - \frac{F_A}{m} \right)}$$

Видно, что происходит «техническая» модификация величины ускорения свободного падения:

$T = 2 \sqrt{\frac{L}{g \left( 1 - \frac{\text{среды}}{\text{тела}} \right)}}$
Лабораторно-практическая работа (с анимацией)

Проводится компьютерный анализ точности измерения. Строят графики  $T=f(p_{сп})$ .

б) сила трения (сопротивление среды)

$$\omega = \sqrt{\left( \frac{g}{l} \right)^2 - \beta^2}, \text{ где } \beta^2 = \frac{r}{2m}$$

$r$  – коэффициент сопротивления

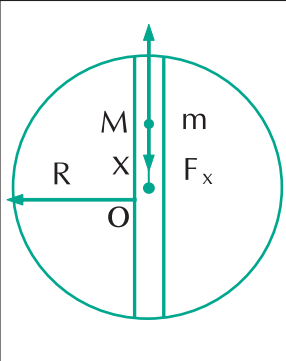
в) ангармонизм колебаний

Проводится анализ влияния данных эффектов на точность измерения.

2. Осуществляется поиск других технических решений, в системе тех же тел, но теперь одно из них находится внутри другого. Например, у тела  $m$  убирают нить и помещают в канал тела  $M$  (Рис. 2).

Подчеркивается, что по сравнению с предыдущим данное решение является «технически новым». Уравнение движе-

ния имеет вид (тело M удалено от других тел):



$$\ddot{x} + \left(\frac{4}{3}\pi G\rho\right)x = 0,$$

Лабораторно-практическая работа (с анимацией)

где G – универсальная гравитационная постоянная,  $\rho$  – плотность тела M.

$$\omega_0^2 = \frac{4}{3}\pi G\rho$$

или

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{3}{4\pi G\rho}}$$

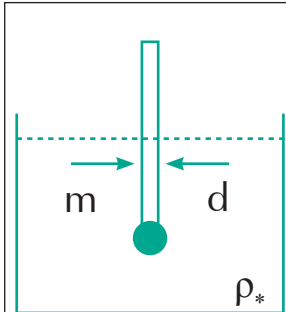
Рассчитывают период колебаний. Для тела m, движущегося в канале Земли по радиусу R, T=90 мин. Однако если  $T_0=2\pi\text{ с}^{-1}$ , то  $\rho=3,6\times 10^9\text{ кг/м}^3$  при том, что известные на Земле вещества имеют максимальную плотность  $13,6\times 10^3\text{ кг/м}^3$ . Кроме того, при значительной плотности возможно влияние замедления времени. Время течет медленнее там, где больше абсолютная величина гравитационного потенциала.

$$dt = dt_0\left(1 + \frac{\varphi}{c^2}\right)$$

Здесь  $\varphi$  – гравитационный потенциал, dt – промежуток времени в пространстве без поля (слабого поля). Если сту-

денты учитывают данное обстоятельство, эффективность проекта увеличивается.

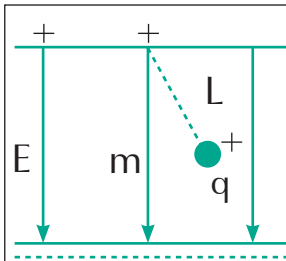
3. Выполняется виртуальная лабораторная работа «Маятник Архимеда» (изучаются колебания ареометра):



$$T = \sqrt{4\pi m / \rho g_* r^2}$$

Лабораторно - практическая работа (с анимацией)

4. Рассматриваются возможные технические решения для маятника, совершающего колебания в идеальной жидкости  $\rho_{ж'}$  в однородном электрическом поле E:



$$T = 2\pi\sqrt{L / \left(g - \frac{g\rho_{ж'}}{\rho^m} \pm \frac{qE}{m}\right)}$$

Лабораторно - практическая работа (с анимацией)

где заряд  $q$  может быть как положительным, так и отрицательным. Если убрать  $g$  (невесомость), то, в связи с тем что система имеет внутреннюю структуру, аналогичную предыдущей, возникает проблема создания больших  $E$  (большие плотности  $\rho$  в предыдущем случае). Проводят расчет напряженности электрического поля. Для этого вводятся следующие предположения:

1) заряды на конденсаторе не перемещаются при колебаниях маятника;

2) заряд шарика был бы малым, чтобы при расчетах можно было пренебречь его влиянием на внешнее поле конденсатора. Это возможно при 1%-ном уровне значимости в обычных лабораторных условиях, то есть

$$\Phi_1 = 10^{-2} \Phi$$

где

$$\Phi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \text{потенциал точечного заряда}$$

Потенциал внешнего поля в месте расположения шарика равен  $\Delta\phi = Exd/2$ . (3)

Из (1), (2), (3) следует, что

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} = 10^{-2} E \cdot \frac{d}{2}$$

В невесомости роль силы тяготения играет иная сила – кулоновская, поэтому

$$qE = mg$$

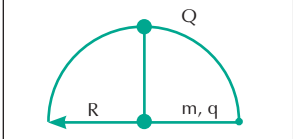
Окончательно получают

$$E = 10r \sqrt{\frac{2\rho g}{3\epsilon_0 d}}$$

Если  $r=1$  мм;  $d=1$  см;  $\rho=2700$  кг/м<sup>3</sup> (алюминий), то  $E=1,4 \times 10^3$  В/м, тогда  $\Delta\phi=1,4 \times 10^5$  В.

Проводят многопараметрический анализ формулы (6), строят графики в Excel и делают выводы.

5. Техническое решение для усиления компактности предложено в проекте «заряженная полусфера с маятником  $m$ » (рис. 5).



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{8\pi\epsilon_0 m R^3}{qQ}}$$

Лабораторно -  
практическая работа  
(с анимацией)

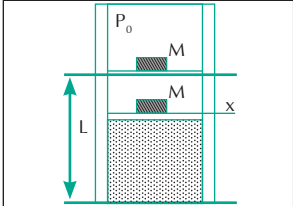
Соотношения между  $q$ ,  $Q$ ,  $m$ ,  $R$  анализируются по методике, рассмотренной в предыдущих случаях.

Исследование гравитационно-электрических систем практически завершено. Для продолжения проектных работ следует кардинально сменить поле.

6. Идея поплавковых маятниковых часов уже использована, поэтому остается рассмотреть газ под поршнем. Является ли это решение эвристически случайным или детерминированным? Какие поля не изучены? Каким образом понять, что физическая система, описываемая формулой

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

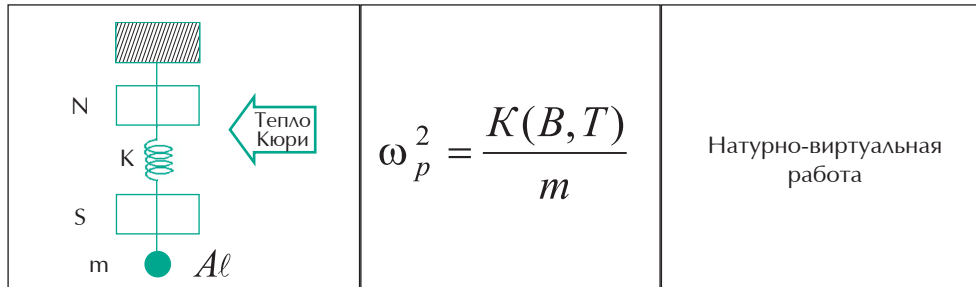
имеет разные модификации и применима для описания системы (поршень-газ)? Действительно, в системе «газ-поршень» возникают гармонические колебания. Движение поршня массой  $M$  описывается уравнением:



$$x + \left(\frac{Mg + P_0 S}{ML}\right)x = 0$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ML}{Mg + P_0 S}}$$

Лабораторно -  
практическая работа  
(с анимацией)



где  $M, S$  – масса и площадь поршня,  $P_0$  – давление газа над поршнем,  $L$  – положение равновесия.

В проекте важно подчеркнуть, что формула  $T$  получена для изотермического процесса. Интересный результат получается, если  $P_0 = 0$ . Тогда

$$T = 2\pi \sqrt{L/g}$$

7. Примером развития технических решений служит следующая лабораторная работа (Рис. 7).

В этой лабораторной работе изменение коэффициента жесткости  $K$  пружины производится включением магнитного поля ( $N, S$  – полюса магнита), а его выключение (снятие намагнитченности)

– нагреванием до точки Кюри (тепло Кюри). Таким образом, циклическая частота становится функцией величин  $B$  и  $T_k$ , где  $B$  – индукция магнитного поля, а  $T_k$  – температура Кюри. Отметим, что в каждом из рассмотренных случаев необходимо решать техническую задачу введения энергии в систему.

**Заключение.** Считаем, что рассмотренная концепция проблемно-ориентированного обучения применима к любой теме курса физики, а его отдельные части можно использовать при традиционном обучении. Кроме того, виртуальное проектирование в композиционном сочетании с натурным экспериментом дополняет возможности лабораторного практикума даже при традиционной методике обучения.

173

### Литература

1. Сластенин В.А. Инновационность – один из принципов педагогики // Педагогическое образование и наука. – 2000. – №1. — С. 38 – 44.
2. Чернов И.П., Ларионов В.В., Тюрин Ю.И. Фундаментальное образование – важнейший элемент деятельности инновационного университета. Труды Международного симпозиума «Инновационный университет и инновационное образование: модели, опыт, перспективы». – М.: 2003. – С. 94.
3. Чернов И.П., Ларионов В.В., Веретельник В.И. Соотношение компьютерных и реальных экспериментов в лабораторном практикуме по физике. Труды научно-методической конференции «Образовательные технологии: состояние и перспективы». – Томск: Изд-во ТПУ, 1999. – С. 76.
4. Ерофеева Г.В., Ларионов В.В., Веретельник В.И. Чем обусловлены «мировые тенденции» в инженерном образовании. Труды IV Международной научно-практической конференции «Высшее образование: качество и интернационализация». – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – С. 155.
5. Чернов И.П., Ларионов В.В. и др. Компьютеризированные лабораторные работы 3-его 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.
6. Шильников А.В., Галиярова Н.М., Надолинская Е.Г. и др. Инновационные технологии преподавания физики в системе профессиональной подготовки инженеров. // Физическое образование в вузах. – 2003. Т.9. №4. – С.43 – 56.
7. www.docfizzix.com
8. Гладун А.Д., Шомполов И.Г., Трушин В.Б. Фундаментальная физика – краеугольный камень будущих социально-естественно-научных университетов. // Физическое образование в вузах. – 2003. – Т. 9. – №4. – С. 5 – 13.
9. Баяндин Д.В., Мухин О.И. // Модельный практикум и интерактивный задачник по физике на основе системы STRATUM-2000 // Компьютерные учебные программы. 2000. №3. С. 28 – 37.