

*В. М. Зеличенко, В. В. Ларионов*

## О ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ В ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЕ И ВУЗЕ

В работе рассматривается комплексный проблемно-ориентированный подход к решению задач по физике с системным использованием ИКТ. Предлагаемая методика расширяет проблемное поле обучения физике, приближает его содержание к современному уровню научных знаний, позволяет использовать в учебном процессе методологию физики как науки, ориентирует учащихся не только на освоение системы предметных знаний, но и на развитие творчества. Метод может быть применен как при подготовке студентов по специальности «учитель физики», так и в профильной школе.

**Ключевые слова:** *проблемно-ориентированный подход, информационно-коммуникационные технологии обучения физике, интернет-ресурсы в обучении физике.*

Применение проблемно-ориентированного подхода в обучении физике требует создания современного учебно-методического комплекса (УМК) дисциплины «Физика» нового поколения, сочетающего как традиционную схему – учебник, сборник задач, физический практикум, так и системное использование информационных компьютерных технологий (ИКТ). Теоретический курс при этом сопровождается блоком мультимедийных лекционных демонстраций, что позволяет ввести интерактивный характер их применения субъектами образовательного процесса. Проблемно-ориентированное обучение при проведении практических занятий может быть использовано как в профильных школах, так и в вузе. Однако такой подход ставит ряд процессуально-содержательных вопросов, решение которых существенно зависит от взаимодействия школы и вуза. Органично организованное взаимодействие приносит двойную пользу как с позиции усиления фундаментальности общего образования, так и обеспечения вузов качественно подготовленными выпускниками школ. Происходит переход от традиционного формирования преимущественно знаний, умений, навыков к воспитанию таких качеств личности, как инициативность, самостоятельность, ответственность, способность к рефлексии и др.

В связи с этим необходима разработка соответствующих методик обучения, позволяющих учителю и преподавателю проводить обучение, используя стандартные задачи из типовых учебных пособий школ и вузов [1, 2].

Возможности УМК нового поколения особенно четко проявляются и реализуются при системном использовании функций ИКТ. На их основе можно создать условия и ситуации, побуждающие студентов к ответственной самостоятельной учебной и научно-исследовательской работе, условия для качественно нового формирования их творческой познавательной деятельности. В этом случае система обучения физике переводится на уровень инновационной технологии, преобразуется характер

обучения в отношении целевой ориентации, способов взаимодействия преподавателя и учащегося, студента, возможности дифференциации, создания новых форм самостоятельной работы и активного участия школьников и студентов в творчестве. Для этого необходимо, начиная с профильной школы, учить формулировать физические идеи на уровне проектов [3].

Рассмотрим конкретные примеры методики формулирования идей на уровне проекта.

### **Общие положения**

Целью занятия и самостоятельной работы учащихся и студентов при решении задач по физике является развитие идей (вопросов), заложенных в задаче, творческий поиск необходимых знаний по данному разделу и сопряженным разделам физики. На их основе порождение новых знаний, например нового информационного содержания, с привлечением междисциплинарных знаний, включающих гуманитарный компонент, для последующего использования системных знаний в поисково-исследовательской учебной деятельности.

### **Методика**

Методика проведения занятий входит в комплексную проблемно-ориентированную систему обучения физике в профильной школе и вузе. Это система организации учебно-научного и воспитательного процесса, основная задача которой состоит в создании на основе физики пропедевтической базы подготовки не только знающих, но и творчески мыслящих учителей и специалистов. В структурированный формат решения задач заложена схема «знаю о чем, знаю зачем, знаю как, знаю посредством чего». Посредством структурирования проблемы, проблемной ситуации реализуется решение проблемной задачи. Это решение в общем случае содержит гипотезу, модель и схему-модель. Оно начинается в процессе усвоения теоретического материала, который сопровождается специально подобранными натурными и вирту-

альными экспериментами. Проектное задание предполагает проведение студентами расчетно-графических работ и создание расчетно-проектных компьютерных программ.

Учащиеся не только визуально убеждаются в реальности явления, но и развивают его схему в виде проекта. Процесс заканчивается формулированием физической идеи на уровне проекта, создания алгоритма его осуществления и реализации, включая компьютерные средства.

Методика формулирования физической идеи на уровне проекта и структурирование проблемы базируются на стандартных задачах из сборников задач для профильных школ и вузов.

Приведем примеры реализации проблемно-ориентированного подхода с использованием ИКТ к решению задач по физике при обучении студентов по специальности «Учитель физики».

**Пример 1.** Задача: горизонтально расположенный непроводящий диск, радиус которого равен  $R$  м, заряжен с равномерной плотностью  $\sigma$  или зарядом  $Q$ . Маленький шарик массой  $m$ , имеющий на себе заряд  $q$ , находится над центром диска в состоя-

нии равновесия. Определить его расстояние от центра диска.

Алгоритм составления проекта.

1. Решение стандартной задачи (рис. 1).
2. Составление программ расчета для параметров задачи (рис. 1).
3. Структурирование проблемы, проблемной ситуации на основе понятия предметного, развивающего и творческого структурирования:
  - а) формулирование учебно-знаниевых вопросов к задаче;
  - б) формулирование физико-технических условий для реализации задачи в инженерном плане;
  - в) формулирование условий движения шарика при его внесении в электрическое поле;
  - г) запись уравнения движения шарика на основе сформулированных физико-технических условий проектной реализации рассматриваемой системы;
  - д) выбор амортизирующей среды;
  - е) выбор условий для возбуждения колебаний шарика и анализ этих колебаний;
  - ж) поиск способов варьирования величины заряда шарика и диска по определенному закону;

о проекте
задача
вопросы
ВЫХОД

Горизонтально расположенный непроводящий диск, радиус которого  $R = 0.5$  м, заряжен с равномерной плотностью  $\sigma = 3.33 \cdot 10^{-4}$  Кл/м<sup>2</sup>. Маленький шарик массой  $m = 3.14$  г, имеющий на себе заряд  $q_0 = 3.27 \cdot 10^{-7}$  Кл, находится над центром диска в состоянии равновесия. Определить его расстояние от центра диска.

**Дано:**

$R =$   м

$\sigma =$    $\cdot 10^{-4}$  Кл/м<sup>2</sup>

$m =$   г

$q_0 =$    $\cdot 10^{-7}$  Кл

а - ? **посчитать**

**Решение:**

Выделим элемент площади диска  $dS = r dr d\phi$ . Этот элемент несёт заряд  $dQ = (Q/\pi R^2)dS$ . Элемент  $dS$  действует на заряд  $q_0$  с силой  $dF = q_0 dQ / 4\pi\epsilon_0(a^2+r^2)^{3/2}$ . А в проекции на ось Z:

$$dF_z = dF [a/(a^2+r^2)^{1/2}] = q_0 dQ / 4\pi\epsilon_0(a^2+r^2)^{3/2} = \frac{q_0 Q a}{4\pi^2 \epsilon_0 R^2} \cdot \frac{r dr d\phi}{(a^2+r^2)^{3/2}}$$

Результирующая сила направлена вдоль оси OZ и по модулю равна  $F = \int dF_z = q_0 Q a / 4\pi^2 \epsilon_0 R^2 \int_0^R \frac{r dr}{(a^2+r^2)^{3/2}}$

$$= \frac{q_0 Q a}{4\pi^2 \epsilon_0 R^2} \cdot \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{(a^2+R^2)^{1/2}} \right) = \frac{q_0 Q}{4\pi^2 \epsilon_0 R^2} \cdot \left( 1 - \frac{a}{(a^2+R^2)^{1/2}} \right)$$

$Q/\pi R^2 = \sigma$ ;  $Q = \pi R^2 \sigma$

$$F = \frac{q_0 \sigma \pi R^2}{2\pi \epsilon_0 R^2} \cdot \left( 1 - \frac{a}{(a^2+R^2)^{1/2}} \right) = \frac{q_0 \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \left( 1 - \frac{a}{(a^2+R^2)^{1/2}} \right)$$

Эта сила уравновешивается с силой тяжести шарика  $mg$ .  $F = mg$ .

$$\frac{q_0 \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \left( 1 - \frac{a}{(a^2+R^2)^{1/2}} \right) = mg$$

$$a = \frac{\left( \frac{q_0 \sigma}{2\epsilon_0} - mg \right) \cdot R}{\left( \frac{q_0 \sigma}{\epsilon_0} - mg - (mg)^2 \right)^{1/2}}$$

Рис. 1. Пример реализации проектной задачи (в формате MACROMEDIA FLASH MX)

з) поиск способов варьирования массы, размеров шарика;

и) способы создания равномерного распределения заряда на диске.

4. Составление программы расчета вариантов решения проектной задачи, программы визуализации и программы технической реализации условий проекта.

5. Оформление, презентация и защита проекта.

На рис. 1 представлен файл, содержащий текст, подробное решение задачи, расчетный блок с опциями, с помощью которых изменяют параметры задачи. Это позволяет сравнительно быстро провести полный анализ задачи, дать наглядную графическую интерпретацию. Кроме того, файл содержит анимацию, где показан пример «инженерной» или технической реализации задачи. Заряженный шарик помещают в нужную точку с помощью специального захвата. Устройство должно перемещать шарик в горизонтальной плоскости с нужной точностью. Эта точность определяется условиями равновесия шарика и составляет часть проекта. Захват предусматривает создание технической системы изменения заряда шарика. Аналогичную проблему нужно решить для изменения заряда диска. Таким образом, решение предполагает творческое участие субъектов образовательного процесса.

Далее задача структурируется в развивающем и творческом формате.

А. Если опустить шарик над диском в произвольной точке, то возникают его колебания вдоль оси, проходящей через центр диска. Рассчитаем частоту и период возникших колебаний в предположении, что отсутствует сила сопротивления (рис. 2). На рисунке приняты следующие обозначения:

$F_k$  – сила Кулона,  $mg$  – сила тяжести,  $x$  – малое отклонение заряженного шарика от положения равновесия  $a_0$ ,  $q$ ,  $m$  – заряд и масса шарика,  $Q$  – заряд диска.

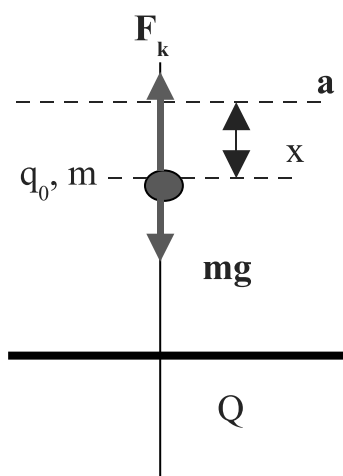


Рис. 2. Схема расположения шарика над диском

Сместим  $q_0$  на малое расстояние  $x$ , при этом  $a \gg x$ . Расстояние равно  $a = a+x$ . Силу, действующую на шарик в новых условиях, можем записать в виде:

$$F_x = F(a) - F(a+x) \quad (1)$$

$$F_x = 2k\pi\sigma q_0 \left(1 - \frac{a}{(a^2 + R^2)^{1/2}} - 1 + \frac{a+x}{(a^2 + R^2)^{1/2}}\right) \cong 2k\pi\sigma q_0 \left(\frac{a+x}{(a^2 + R^2)^{1/2}} - \frac{a}{(a^2 + R^2)^{1/2}}\right) \cong \frac{2k\pi\sigma q_0}{\sqrt{a^2 + R^2}} x \cong k_x x.$$

Таким образом, уравнение движения шарика при отсутствии сил сопротивления принимает вид:

$$m\ddot{x} + k_x x = 0,$$

где  $\omega_0^2 = \frac{k_x}{m} = \frac{2k\pi\sigma q_0}{m\sqrt{a^2 + R^2}}$ . (3)

Частота колебательного движения шарика рассчитывается по формуле (3). Период колебаний равен  $T = 2\pi/\omega_0$ . Если ввести силу сопротивления  $F_r = r\dot{v}$ , то уравнение движения запишется так ( $v = \dot{x}$ )

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + k_x x = 0, \quad (4)$$

где  $r$  – коэффициент сопротивления шарика при его движении в вязкой среде. Ее действие приводит к затуханию движения шарика, помещенного захватом с некоторой точностью, определяемой механизмом захвата шарика.

Уравнение движения шарика в отсутствии затухания

$$x = x(t) = A \sin(\omega t + \alpha_0).$$

Уравнение движения шарика при наличии затухания

$$x = x(t) = B_0 \exp(-\beta t) \sin(\omega t + \alpha_0),$$

здесь коэффициент затухания  $\beta = r/2m$ .

Энергия неподвижного шарика равна

$$W_{nom} = mgl + 2k\sigma q(\sqrt{a^2 + R^2} - a),$$

при этом

$$dW / da = 0, a_{min} = a_0,$$

где  $a_0$  соответствует положению устойчивого равновесия.

Во всех уравнениях коэффициент  $k$  равен  $k = 1 / 4\pi\epsilon_0$ .

Проектное решение может быть применено для контроля накопления статического электричества.

Б. Примем, что расстояние от шарика до диска  $a_0$  много больше радиуса диска (рис. 3).

Уравнение шарика, движущегося вниз по оси  $x$  от положения равновесия  $a_0$ , имеет вид (рис. 4):

$$m\ddot{x} = mg - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0(a_0 - x)^2}; \quad (5)$$

Рис. 3. Схема расположения шарика над диском при  $a_0 \gg$  радиуса диска

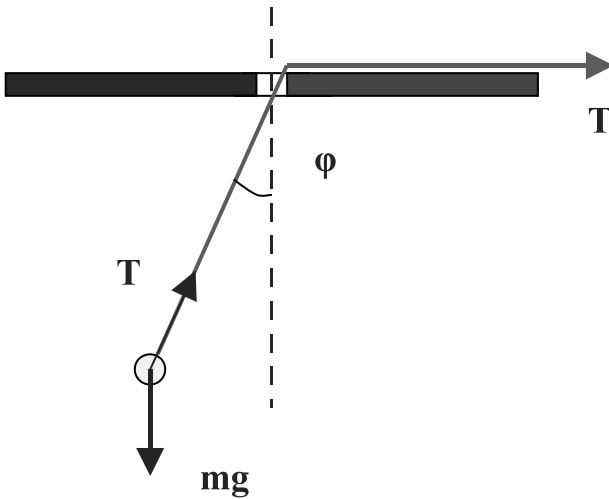


Рис. 4. Схема параметрического маятника

Преобразуем знаменатель

$$(a_0 - x)^2 = a_0^2 \left(1 - \frac{x}{a_0/2}\right)^2 \quad (6)$$

Разложим функцию  $1/(1-x/b)$  в ряд

$$\frac{1}{1 - \frac{x}{b}} = 1 + \frac{x}{b} + \left(\frac{x}{b}\right)^2, \quad (7)$$

последний член равен нулю в силу малости колебаний.

Таким образом, уравнение (5) с учетом того, что при равновесии в положении, определяемом  $a_0$

$$mg = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 a_0^2}$$

$$m\ddot{x} = -\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a_0^3} x \quad \text{или} \quad \ddot{x} + \frac{qQ}{2m\pi\epsilon_0 a_0^3} x = 0.$$

Из последнего уравнения легко определяются частота и период малых колебаний шарика в электрическом поле диска, имеющего заряд  $Q$ .

**Пример 2.** Задача: измерить размеры некоторого устройства, если дан секундомер и шарик на нити.

Решение задачи. Структурирование и выделение проблем, *имеющихся* в составе задачи.

Рассмотрим структурирование условий задачи. Очевидно, чтобы измерить, например, высоту некоторого устройства, необходимо иметь линейку с делениями. Измерив период колебаний маятника, легко находим длину подвеса и далее определяем высоту устройства при условии, что известен масштаб.

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}, \quad \text{или} \quad l = \frac{gT^2}{4\pi^2}.$$

При определенных условиях задача становится инженерно-проектной, потому что возникает проблема определения масштаба и его точности, а именно: 1 мм, 1 см, 1 дм... Такая постановка задачи требует структурировать проблему. При этом возможно развивающее и творческое структурирование с последующим превращением задачи в проектный и поисково-исследовательский формат с наполнением новым информационным содержанием.

В первую очередь нужно решить вопрос о размерах шарика. Проблема тесно связана с необходимой точностью измерения в условиях ограниченных возможностей экспериментатора. Для того чтобы создать масштаб, необходимо изменять длину маятника. В этом случае возникает проблема измерения угла отклонения и точности измерения периода колебаний.

Учащиеся обязаны обратиться к источникам информации, используя базу данных по собственному выбору. Практически с этого момента начинается создание и оформление проекта. Интерактивные действия преподавателя и студента (как субъектов образовательного процесса) приобретают поисковый характер. Чтобы увеличить точность измерений, необходимо увеличить угол отклонения. Однако при больших углах отклонения возникает ангармонический эффект. Колебания перестают быть линейными (рис. 5). Их анализ наиболее эффективно проводить с помощью фазовых портретов. В обучении возникает вариативность выбора средств и методов анализа, что свидетельствует о методологической направленности учения в широком и узком смыслах этого понятия.

Так, зависимость периода ангармонических колебаний от величины угла отклонения имеет вид:

$$T = T_0 \left\{ 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\phi}{2} + \left( \frac{1}{2} \frac{3}{4} \right)^2 \sin^4 \frac{\phi}{2} + \dots \right\}$$

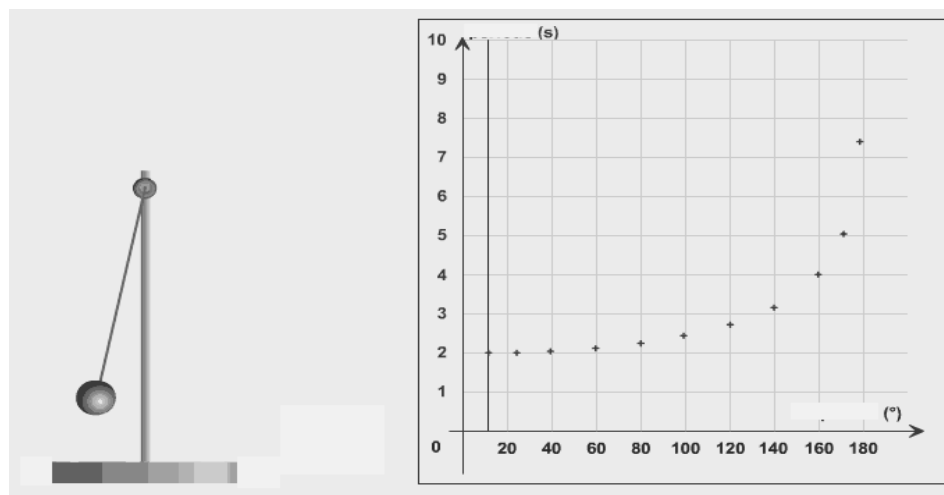


Рис. 5. График зависимости периода колебаний маятника от угловой амплитуды

Поэтому для анализа этой зависимости студенты создают программу расчета, визуализируют процесс колебания с большими амплитудами (см. рис. 5).

Следующая проблема, возникающая при структурировании проблемных ситуаций, состоит в том, что для создания масштаба необходимо изменять длину маятника. Это можно делать в динамическом и статическом режимах. В том и другом случае необходимо решить вопрос о способе изменения длины нити и соразмерности получаемых отрезков, так как изменение необходимо проводить с точностью, которая задана в проекте, т.е. 1 мм, 1 см, 1 дм и т.д.

Изменение длины нити в перманентном режиме требует создания специального устройства (например, см. рис. 4). Необходимо сконструировать технологичный механизм изменения длины и в дальнейшем решить аналогичную проблему, например, изменения параметров в колебательном контуре в разделах «Электричество» и «Волновая оптика».

В рассматриваемом случае уменьшение длины в положении шарика, когда сила натяжения максимальна, увеличение при минимальной силе натяжения приведет к увеличению энергии системы. Процесс колебаний в этом случае описывается уравнением Матье – Холла и имеет вид:

$$\ddot{\phi} + \omega^2(t)\phi = 0.$$

Частота колебаний  $\omega(t)$  становится функцией времени. Решение уравнения достаточно сложно, однако в файлах проекта целесообразно поместить схему решения, содержащую необходимые опции, применение которых позволяет анализировать параметрические колебания по упрощенной схеме. Необходимо проанализировать условия возникновения стабильных колебаний маятника при различных изменениях частот изменения воздействующей внешней силы и частоты собственных колебаний маятника.

Таким образом, происходит дальнейшее увеличение информационного содержания проекта, выполняемого студенческой мини-группой под руководством преподавателя.

В течение семестра учащиеся (студенты) выполняют три–четыре проектно-ориентированных задания:

1. На семинарских занятиях.
2. В структуре физического эксперимента.
3. Во время учебной практики, в период летних занятий в профильных классах.

Полная блочная схема практического занятия дана на рис. 6. Предполагается использование заранее подготовленных преподавателем блоков помощи и формирования на базе физических знаний конкретных умений по специальности.



Рис. 6. Интегральная схема алгоритма проектно-ориентированного решения задач

Проектная работа заканчивается докладом. Студенты (учащиеся), которые работали над проектом, составляют тестовые задания и предлагают сокурсникам ответить на них по своему докладу

(предварительно проработав и согласовав тесты с преподавателем), тем самым стимулируя учащихся к активному изучению и обсуждению проблемы темы непосредственно во время доклада и в период его обсуждения.

Предлагаемый подход расширяет проблемное

поле обучения физике, приближает его содержание к современному уровню научных знаний, позволяет использовать в учебном процессе методологию физики как науки, ориентирует учащихся не только на освоение системы предметных знаний, но и на развитие творчества.

### Список литературы

1. Зеличенко В. М., Ларионов В. В., Шишковский В. И. Физика в задачах в 5 томах. Томск: Изд-во ТГПУ, 2006. 234 с.
2. Зеличенко В. М., Ларионов В. В., Шишковский В. И. Лабораторный практикум по физике в 3 томах. Томск: Изд-во ТГПУ, 2006. 345 с.
3. Ларионов В. В. Проблемно-ориентированная система обучения физике студентов в техническом университете: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 2008. 42 с.

Зеличенко В. М., засл. работник высшей школы, кандидат физико-математических наук, профессор.

**Томский государственный педагогический университет.**

Ул. Киевская, 60, г. Томск, Томская область, Россия, 634061.

E-mail: physics@tspu.edu.ru

Ларионов В. В., доктор педагогических наук, профессор.

**Томский государственный педагогический университет.**

Ул. Киевская, 60, г. Томск, Томская область, Россия, 634061.

E-mail: larvv@sibmail.com

*Материал поступил в редакцию 23.09.2008.*

*V. M. Zelichenko, V. V. Larionov*

### PROBLEM-ORIENTED APPROACH TO SOLVING TASKS IN PHYSICS AT SPECIAL SCHOOLS AND UNIVERSITY

The article considers complex problem-oriented approach to solving tasks in physics with system use of information and communication technologies. Proposed method enlarges problem file of teaching physics, approaches its content to modern level of scientific knowledge in physics and project-oriented problems are very important for creative development. Models are applicable for students and teachers of physics and special schools. Positions and suggestions of the article are illustrated with the concrete examples

**Key words:** *the problemno-focused approach, information-communication technologies in training to the physicist, internet resources in training to the physicist.*

Zelichenko V. M.

**Tomsk State Pedagogical University.**

Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Tomsk oblast, Russia, 634061.

E-mail: physics@tspu.edu.ru

Larionov V. V.

**Tomsk State Pedagogical University.**

Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Tomsk oblast, Russia, 634061.

E-mail: larvv@sibmail.com