

Терегулов Д.Ф.

*Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт
(филиал) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-
педагогический университет»,
г. Нижний Тагил, Россия*

СОДЕРЖАТЕЛЬНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ГОТОВНОСТИ СТУДЕНТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ НАТУРНО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В БУДУЩЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные аспекты формирования готовности будущих учителей физики к выполнению современных форм учебного физического эксперимента. Одним из которых является натурно-вычислительный эксперимент, являющийся своего рода интеграцией лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования.

Ключевые слова: мобильное приложение, проектирование, разработка, оптическое распознавание символов, игра.

Teregulov D.F.

*Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Federal State
Autonomous educational institution «Russian state vocational pedagogical
University»,
Nizhny Tagil, Russia*

CONTENT-FUNCTIONAL ASPECTS OF STUDENTS' READINESS TO PERFORM NATURAL-COMPUTATIONAL EXPERIMENTS IN FUTURE PROFESSIONAL ACTIVITY

Abstract

This article discusses the main aspects of the formation of the readiness of future physics teachers to perform modern forms of educational physical experiment. One of which is a full-scale computational experiment, which is a kind of integration of a laboratory experiment and computer simulation.

Keywords: mobile app, design, development, optical character recognition, game.

Знакомство обучаемых с технологией исследования физических объектов на основе различного сочетания натурального и вычислительного эксперимента происходит при выполнении лабораторных работ № 1, 3 и 6. В этом случае преподавателю целесообразно обратиться к эвристическому (частично-поисковому) методу обучения. Основная задача преподавателя сводится к выделению этапов исследовательской работы, определению тех из них, которые будут выполняться студентами самостоятельно, а которые совместно. Выполнение остальных лабораторных работ организуется с помощью исследовательского метода, стимулирующего поисковую, творческую деятельность студентов. Обучаемые самостоятельно формулируют цели, ставят задачи, выдвигают гипотезы, составляют план проведения как натурального, так и вычислительного эксперимента, а также производят обработку и анализ результатов. В этом случае, преподаватель внимательно наблюдает за творческим поиском студентов, при необходимости корректируя и направляя его.

I. Особенностью первого этапа подготовки студентов к проведению натурно-вычислительного эксперимента является параллельное выполнение натурального и вычислительного эксперимента. Цель этапа – сравнение методики проведения и результатов лабораторных физических экспериментов обоих видов. Задачи этапа:

1. Актуализировать знания и умения связанные с проведением классических физических экспериментов.

2. Обучить студентов поэтапной технологии изучения физических объектов (явлений, процессов) в вычислительном эксперименте.

3. Обеспечить сравнение обоих видов эксперимента. Применение двух различных видов эксперимента в одной лабораторной работе при изучении одного физического явления необходимо для наглядной демонстрации студентам особенностей каждого способа организации эксперимента.

Сравнение результатов натурального и вычислительного эксперимента позволяет студентам обнаружить различия между реальным физическим явлением и поведением компьютерной модели. В случае совпадения результатов, полученных в разных видах эксперимента, студенты убеждаются на собственном опыте в возможности получения достоверных результатов при проведении современного вычислительного эксперимента. Например, при выполнении лабораторной работы №1 «Движение тела в вязкой среде» обучаемые получают графики зависимости установившейся скорости в глицерине от размеров шариков. Сравнение этих зависимостей, полученных по результатам натурального и вычислительного экспериментов, позволяет оценить

степень соответствия выбранной теоретической модели (математической модели движения в вязкой среде) реальному движению. Совпадение результатов натурального и вычислительного экспериментов в отдельных областях графиков позволяет судить о границах применимости принятой математической модели.

Рассмотрим методику проведения первых двух занятий, организованных по схеме параллельного выполнения натурального и вычислительного эксперимента на примере исследования движения тела в вязкой среде (таблица 7).

Таблица 1

Дидактическая структура темы «Движение тела в вязкой среде»
по схеме параллельного выполнения натурального и вычислительного
эксперимента

Структурные этапы занятия	Содержание этапов	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1. Постановка цели исследования	Выбор объекта изучения, формулирование цели	Организация совместной деятельности по: - оценке тематики исследования на предмет выявления возможных объектов изучения; - взвешенному выбору объекта исследования из нескольких вариантов; - формулированию цели работы	Участие в беседе, конспектирование
2. Постановка задачи натурального и вычислительного эксперимента	Постановка задачи включает: - формулирование вопросов об объекте исследования; - построение математической модели; - составление плана проведения натурального и вычислительного экспериментов	Беседа с целью актуализации: - опорных знаний из механики (движение тел в вязких средах) - способов деятельности по выполнению лабораторной работы «Определение коэффициента вязкости методом падающего шарика» Создание проблемной ситуации, формулирование	- Воспроизведение и обобщение известных знаний; - постановка вопросов; - выдвижение гипотез; - представление математической модели в дифференциальной форме; - составление плана проведения экспериментов

		учебного задания	
3(1) ¹ . Выполнение натурного эксперимента	Выполнение НЭ включает: - подготовку экспериментальн ой установки; - непосредственное проведение эксперимента; - фиксацию получаемых данных	Организация работы студентов: - выдача методических рекомендаций по проведению эксперимента; - наблюдение и консультирование	Измерение геометрических размеров (диаметров) тел и их массы. Измерение времени движения и пройденного расстояния для каждого случая ($\uparrow v$ и $v \approx v_{уст} = const$). Видеофиксация падения тел различного размера в глицерине
4(1). Обработка и анализ результатов	Расчет установившейся скорости движения. Представление результатов эксперимента в различных формах	Проверка результатов натурного эксперимента	Определение момента, когда скорость падения становится практически постоянной. Расчета величины установившейся скорости ($v_{уст}$). Выявление зависимости характера движения тел от их размеров и массы
3(2). Выполнение вычислительного эксперимента	Анализ ПО. Выбор метода численного решения. Построение вычислительного алгоритма. Создание рабочей программы. Отладка и тестирование программы. Вычислительный эксперимент с	Дискуссия относительно выбора программного продукта и метода построения и изучения компьютерной модели. Организация работы студентов: - выдача методических рекомендаций по проведению эксперимента; - наблюдение и консультирование	Участие в дискуссии. Численное решение системы дифференциальных уравнений, описывающей движение тела в вязкой среде. Работа с компьютерной моделью

¹ Наличие двух 3-их и двух 4-ых этапов означает отсутствие принципиальной разницы в очередности проведения натуральных и вычислительных экспериментов (пока одни подгруппы студентов выполняют НЭ, другие проводят ВЭ).

	моделью объекта		
4(2). Обработка и анализ результатов	Представление результатов эксперимента в табличной форме. Построение графических зависимостей. Получение динамической модели (анимации движения)	Проверка результатов вычислительного эксперимента	Построение графических зависимостей: пройденного расстояния и скорости от времени; величины установившейся скорости от размеров шариков
5. Сравнение и обобщение результатов	Сравнение результатов натурального и вычислительного экспериментов. Аргументация собственной позиции и выводов	Организация эвристической беседы по поиску ответов на последовательно формулируемые вопросы, выявленные противоречия	Самостоятельная переработка информации и впечатлений при сравнении результатов натурального и вычислительного эксперимента. Формулирование обобщающих выводов
6. Подготовка отчета	Использование информационных технологий для представление результатов работы в наглядной форме	Наблюдение	Использование текстового редактора для создания отчета (оформления результатов), включающего: задание, краткое описание этапов работы и основные результаты

Рассмотрим подробнее особенности организации отдельных моментов занятия.

Постановка цели исследования.

В начале занятия преподавателю необходимо сосредоточить внимание студентов на предстоящей деятельности, добиться осознание ее значимости. При этом используются словесные методы обучения, такие как:

1. Краткое разъяснение предстоящей деятельности: проведение самостоятельной исследовательской работы по изучению особенностей движения тел в вязких средах; проведение натурального эксперимента с использованием стандартного оборудования лабораторий методики обучения

физики и механики; разработка компьютерной модели и проведение вычислительного эксперимента.

2. Беседа с обучаемыми по поиску возможных объектов изучения. Основные вопросы (предварительно запланированные вопросы):

- Какие виды механического движения Вам известны?
- Какую среду следует считать вязкой? Какую жидкость можно использовать в натурном эксперименте?
- Тела какой формы предпочтительнее использовать в эксперименте?

Предварительно запланированные вопросы выполняют лишь роль ориентира общей направленности разговора. В ходе совместного обсуждения ответов студенты приходят к заключению о выборе в качестве объекта исследования – падение тел сферической формы в глицерине. После чего совместно формулируют цель работы: комплексное изучение особенностей падения тел сферической формы в глицерине.

Постановка задачи.

Беседа на основе вопросов:

- Что понимается под фразой «изучить движение тела»?
- Какие силы действуют на движущееся в вязкой среде тело? Эти силы постоянны или изменяются с течением времени? Запишите их.
- Запишите второй закон Ньютона.
- Запишите выражения, связывающие ускорение и скорость, скорость и радиус-вектор перемещения.
- Запишите получившуюся базовую математическую модель (систему двух дифференциальных уравнений) и начальные условия.
- Какие допущения применялись при построении математической модели?
- Приведите математическую модель к дискретному виду.
- Какие действия вы совершали при выполнении на первом курсе лабораторной работы «Определение коэффициента вязкости методом падающего шарика»?
- Влияние каких параметров на движение тела в глицерине можно изучить в натурном и вычислительном экспериментах?

Ожидаемыми результатами беседы являются: воспроизведение студентами опорных знаний из механики; постановка вопросов и формулирование гипотез относительно поведения объекта изучения; построение математической модели движения; составление подробного поэтапного плана проведения натурального и вычислительного экспериментов.

Выполнение натурального эксперимента.

С целью оптимизации учебного времени допустимо использовать следующий методический прием – кратковременная групповая работа. Выполнение натурального эксперимента в небольших группах, численностью не более 4 человек, является привычной для студентов формой работы и не вызывает каких-либо затруднений. В то время, когда одни студенты совместно работают с лабораторной установкой, другие – индивидуально выполняют вычислительный эксперимент. Такое чередование видов деятельности во время одного занятия положительно оценивается студентами.

Выполнение вычислительного эксперимента.

Преподавателем организуется дискуссия по выбору программного продукта для построения и изучения модели. Обучаемым предстоит перечислить достоинства и недостатки следующих видов ПО: офисные пакеты; трансляторы с языков высокого уровня (Паскаль, Delphi, C++, Fortran); универсальные математические пакеты (Mathcad, Maple, Mathematica, Matlab, Reduce, Derive, Theorist). При аргументации своей позиции студентам предлагается обращать внимание на следующие моменты: минимальный уровень владения соответствующим программным продуктом, сложность математической модели, время, необходимое на разработку компьютерной (вычислительной) модели; возможность внесения изменений в модель и корректировки программы.

Ниже приведен фрагмент компьютерной модели движения тела сферической формы в глицерине, выполненной в математическом пакете Mathcad. Его основными достоинствами являются простота, наглядность и возможность создания текстовых пояснений (рисунок 21).

Параметры модели:

$$\begin{aligned}
 t &:= 100 & \Delta t &:= 0.001 & g &:= 9.81 \\
 c &:= 0.4 & \eta &:= 1.39 & \rho &:= 1290 \\
 d &:= 15.1 \cdot 10^{-3} & R &:= \frac{d}{2} & m &:= 14.02 \cdot 10^{-3}
 \end{aligned}$$

Расчет дополнительных параметров модели:

$$S := \pi \cdot R^2 \quad V := \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

Начальные условия:

$$v_0 := 0 \quad y_0 := 0.80$$

Рабочая программа:

```

Programma(t, Δt, uslovie) :=
  v0 ← v0
  y0 ← y0
  if uslovie = 1
    k1 ← 6 · π · η · R
    k2 ← 0.5 · c · S · ρ
  if uslovie = 0
    k1 ← 0
    k2 ← 0
  for i ∈ 0 .. t / Δt
    vi+1 ← vi - (k1 · vi + k2 · vi · |vi| + m · g - ρ · g · V) / m · Δt
    yi+1 ← yi + vi+1 · Δt
    ti+1 ← Δt · i + Δt
    break if yi+1 < 0
  M(0) ← y
  M(1) ← v
  M(2) ← t
  M
  
```

условие учёта силы сопротивления среды

условие отсутствия силы сопротивления среды

реализация цикла для расчёта математической модели

расчет скорости на i+1 шаге

расчет координаты на i+1 шаге

время на i+1 шаге

условие досрочного прекращения программы

Представление результатов работы программы в виде матрицы с 3 столбцами.

Programma(t, Δt, 1) =

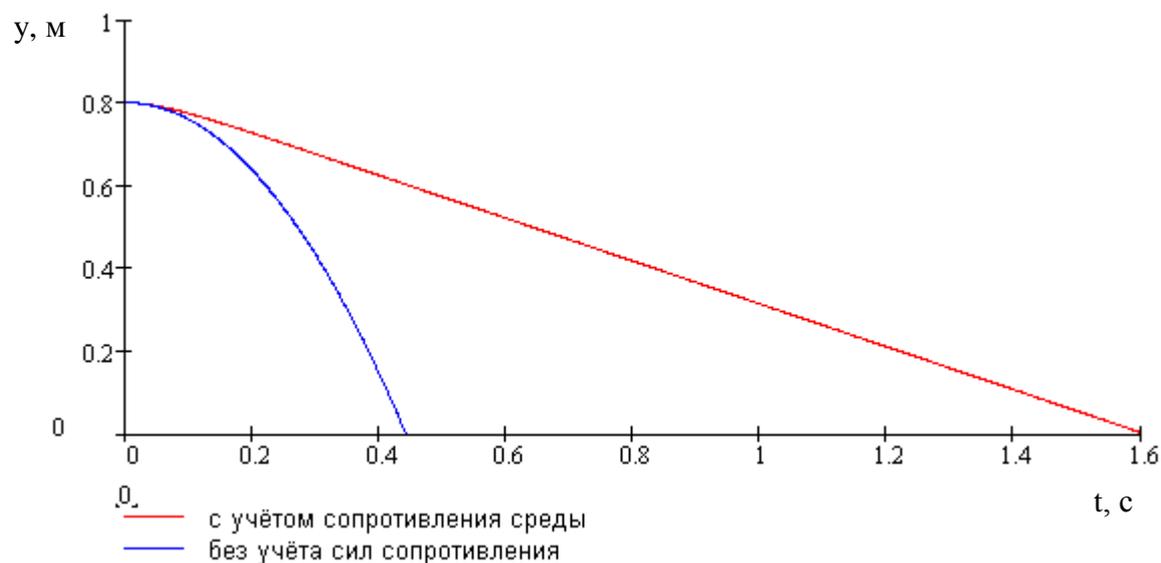
	0	1	2
0	0.8	0	0
1	0.8	-8.183 · 10 ⁻³	1 · 10 ⁻³
2	0.8	-0.016	2 · 10 ⁻³

Рисунок 1. Фрагмент модели, выполненной в программе Mathcad

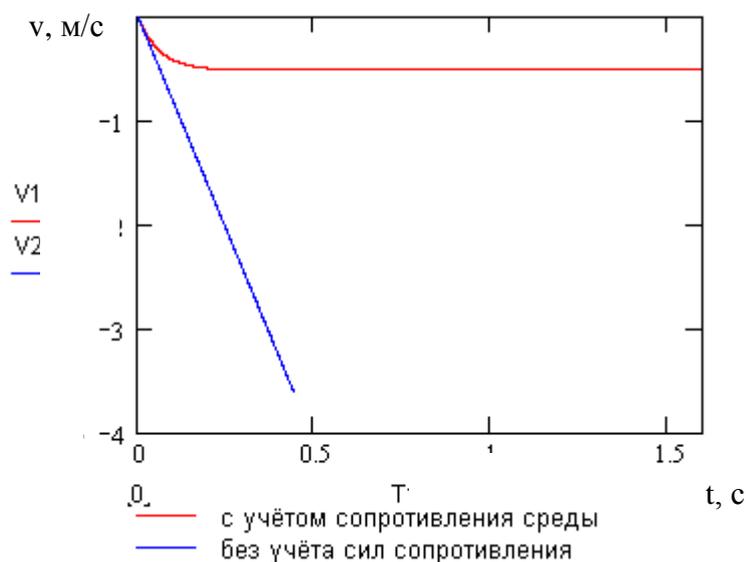
Обработка и анализ результатов.

По завершении натурального эксперимента студенты анализируют отснятые материалы в видео редакторе. Оценивают расстояния, начиная с которых скорости падения шариков можно было бы считать постоянными. Рассчитывают величину установившейся скорости для каждого шарика.

Результатами вычислительного эксперимента являются массивы значений координат и скоростей в различные моменты времени представленные в табличной форме. По этим данным студентами строятся графики зависимостей $y(t)$ и $v(t)$ для случаев с учетом и без учета сил сопротивления среды (рисунок 2).



(а)



(б)

Рисунок 2. Результаты вычислительного эксперимента: а) $y(t)$; б) $v(t)$

Для определения соответствия результатов вычислительного и натурального экспериментов студентами строятся зависимости установившейся скорости от диаметров шариков (рисунок 3).

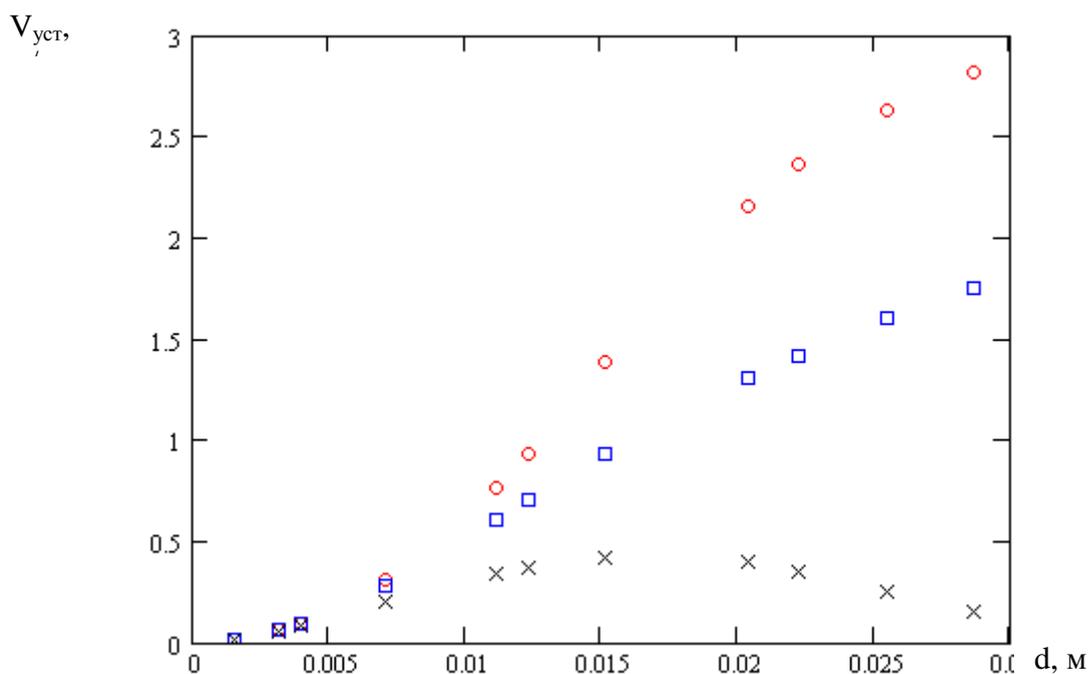


Рисунок 3. Зависимость установившейся скорости в глицерине от размеров шариков: «x» – натурный эксперимент; «O» – вычислительный эксперимент с $F_{conp} = f(v)$; «□» – вычислительный эксперимент с $F_{conp} = f(v^2)$

Сравнение и обобщение результатов.

Беседа на основе вопросов:

- Как влияет среда (глицерин) на падение тела? Сравните результаты вычислительного эксперимента для случая движения в глицерине (наличие силы сопротивления) и вакууме (отсутствие силы сопротивления).
- Сравните значение установившейся скорости, полученной в натурном эксперименте с результатами компьютерного моделирования.
- Как зависит величина установившейся скорости от размеров шариков и их плотности?
- Какие параметры оказывают наибольшее влияние на характер движения?
- Прокомментируйте график зависимости величины установившейся скорости от размеров тела.
- Сравните результаты натурального и вычислительного эксперимента для случаев, когда $d_{ш} \ll d_c$ и $d_{ш} < d_c$, где $d_{ш}$ – диаметр шариков, а d_c – диаметр сосуда с глицерином.
- Чем могут быть вызваны расхождения результатов натурального и вычислительного экспериментов в ряде случаев, например, когда размеры шариков близки к диаметру сосуда?

Завершая сравнение результатов двух видов эксперимента, студенты формулируют обобщающие выводы относительно «физики» падения тел сферической формы в глицерине и возможностей ее изучения в натурном и вычислительном экспериментах.

Подготовка отчета.

Выполнение лабораторной работы завершается подготовкой отчета, в котором должны быть отражены: формулировка задания, краткое описание совершаемых действий и основные результаты учебного исследования. Составление отчета способствует оценке своих возможностей, осмыслению собственной деятельности, тем самым является важнейшим инструментом формирования рефлексивного компонента готовности учителя физики к проведению натурно-вычислительного эксперимента.

Представленная дидактическая структура первых двух занятий (изучения темы «Движение тела в вязкой среде») показывает, что в отличие от лекций со свойственными ей преимущественно репродуктивными методами обучения, на лабораторных работах в форме натурно-вычислительного эксперимента используются продуктивные методы обучения. Так, при выполнении лабораторной работы №1 «Движение тела в вязкой среде» применяется частично-поисковый (или эвристический) метод обучения, при котором часть этапов исследовательской деятельности студенты проводят при непосредственной поддержке преподавателя. На отдельных этапах работы используются методические приемы: разъяснение, дискуссия, беседа, эвристическая беседа и другие.

Организация и проведение первых практических занятий осуществляется посредством следующих форм: фронтальная работа при постановке цели и задачи исследования; работа в малых группах при проведении натурального эксперимента; индивидуальное выполнение вычислительного эксперимента, самостоятельная обработка результатов и подготовка отчета.

Сочетание натурального и вычислительного эксперимента при изучении движения тела в вязкой среде должно способствовать, как решению задач обучения физике, так и формированию операционно-деятельностных компонентов готовности учителя физики к проведению НВЭ. Например, использование цифровой видеокамеры для фиксации положения в пространстве (координат) в различные моменты времени шариков различного диаметра (ОДГ2.1); последующая обработка и анализ отснятого материала (ОДГ2.2, ОДГ6.1, ОДГ6.2); использование табличного редактора для построения графика зависимости величины установившейся скорости от размеров тел по результатам натурального эксперимента (ОДГ3.2) и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терегулов, Д. Ф. Уровневая структура информационной компетентности будущего учителя физики / Д. Ф. Терегулов // Подготовка молодежи к инновационной деятельности в процессе обучения физике, математике, информатике : материалы межд. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : уральский гос. пед. ун-т., 2013. – С. 191-195.
2. Шамало, Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: учебное пособие по спецкурсу / Т. Н. Шамало. – Свердловск : Свердловский гос. пед. ин-т, 1990. – 97 с.