

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ

Суханова Мария Дмитриевна,

Астраханский государственный университет, аспирант кафедры теоретической физики
и методики преподавания физики,

✉ mary-ledy-mary@mail.ru

Крутова Ирина Александровна,

доктор педагогических наук, профессор,

Астраханский государственный университет, заведующий кафедрой теоретической физики
и методики преподавания физики

✉ irinkrutova@yandex.ru

Стефанова Галина Павловна,

доктор педагогических наук, профессор,

Астраханский государственный университет, профессор-консультант кафедры
теоретической физики и методики преподавания физики

✉ stefanova.galina@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены возможности обучения школьников и студентов применению различных программных пакетов для проведения физических исследований. Выявлены дидактические возможности и описаны способы моделирования при решении конкретных физических задач с использованием Mathcad, SciLab (Matlab), Maple, ANSYS.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *обучение физике, моделирование, физическое явление, программный пакет, визуализация.*

MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING SOFTWARE PACKAGES

Sukhanova M. D.,

Astrakhan State University, head of the Department of Theoretical Physics and Physics Teaching Technique

Krutova I. A.,

D.Sc. in Pedagogics, Full Professor

Astrakhan State University, head of the Department of Theoretical Physics and Physics Teaching Technique

Stefanova G. P.,

D.Sc. in Pedagogics, Full Professor

Astrakhan State University, professor of the Department of Theoretical Physics and Physics Teaching Technique

ABSTRACT

The article discusses the possibilities of teaching schoolchildren and students to use various software packages for conducting physical research. Didactic possibilities are revealed and modeling methods are described for solving specific physical problems using Mathcad, SciLab (Matlab), Maple, ANSYS.

KEYWORDS: *teaching physics, modeling, physical phenomenon, software package, visualization.*

Моделирование как вид научного познания является одним из основных средств формирования универсальных учебных познавательных действий школьников и профессиональных компетенций студентов. Требования о необходимости формирования у обучающихся данного вида деятельности при изучении курса физики отражены в актуальных Федеральных государственных образовательных стандартах общего среднего и высшего образования. Моделирование является мощным познавательным методом при изучении физических явлений, объектов, их

свойств, взаимодействия и применяется в обучении в ситуациях, когда необходимо:

- предсказать физическое явление на основе модельной теории;
- провести математическое исследование физического процесса и установить зависимость между физическими величинами с учётом условий взаимодействия;
- визуализировать физический процесс с помощью динамической модели.

Метод моделей и аналогий впервые было предложено применять для объяснения явлений и закономерностей при изучении школьного курса физики в 70-е годы XX века известными учеными в области дидактики физики С. Е. Каменецким и Н. А. Солодухиным [2]. В дальнейшем метод моделирования был перенесен на процесс обучения учащихся решению задач для построения физической модели ситуации задачи, который реализуется в несколько этапов:

- 1) выделение структурных элементов физического явления словами текста задачи;
- 2) перевод их на язык физической науки;
- 3) построение графической модели ситуации с помощью условных обозначений, принятых в физике [8].

Разработана методика обучения учащихся теоретическому предсказанию физических явлений и их экспериментальному исследованию в процессе создания физических понятий и установления законов [5, 7].

С развитием информационных технологий, в частности, компьютерных, появилась возможность обучения школьников и студентов моделированию объектов, явлений, взаимодействий на макро- и микроуровне, обработке экспериментальных данных с помощью различных математических пакетов при изучении естественнонаучных дисциплин [1, 3, 4]. Стало возможно визуа-

лизовать различные процессы и явления на занятиях при проведении физических исследований, что является важным принципом обучения (средством познания).

В связи с тем, что математическое моделирование становится мощным методом исследования, появились разработки, связанные с различными средствами математического моделирования — различные математические (программные) пакеты. Например, с помощью таких пакетов как Mathcad, SciLab (Matlab), Maple стало возможным решать задачи о движении тел, рассчитывать параметры электрических цепей, исследовать различные поля и так далее. Это позволяет предсказывать поведение реальных объектов в тех или иных ситуациях — например, при встречном движении, при перегрузках электрических цепей, при изменении параметров полей и т. д.

Рассмотрим способ обучения применению среды Mathcad для решения следующей физической задачи.

К источнику постоянной ЭДС E и внутренним сопротивлением r_0 подключен резистор R . Постройте график зависимости КПД и мощности, выделяющейся на резисторе, от его сопротивления. Установите, при каком сопротивлении нагрузки на ней выделяется максимальная мощность [6].

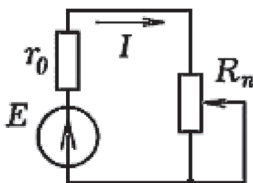


Рис. 1. Электрическая схема цепи к условию задачи [6].

Для решения задачи необходимо актуализировать знания обучающихся о физических законах для определения мощности на грузки и источника, а также КПД источника:

$$P_{нагр} = I^2 \times R, \quad (1)$$

$$P_{ист} = E \times I, \quad (2)$$

$$\eta = P_{нагр} / P_{ист}, \quad (3)$$

где $P_{нагр}$ — мощность нагрузки, I — сила тока в цепи, R — сопротивление резистора, $P_{ист}$ — мощность источника, E — ЭДС источника, η — КПД источника.

Обращаем внимание студентов на то, что условие задачи представлено в общем виде, поэтому решение и построение графиков зависимостей КПД и мощности, выделяющейся на резисторе, от его сопротивления вручную занимает достаточно много времени. Это мотивирует студентов использовать математические инструменты, позволяющие быстро обрабатывать большое число данных и визуализировать их с помощью графиков зависимости одной физической величины от другой. В данном случае целесообразно воспользоваться возможностями математического пакета, в котором вначале создаём одномерный массив сопротивлений резистора R_i , где i — значение шага. Задаём также некоторые значения внутреннего сопротивления источника и его ЭДС, которые можно будет менять и наблюдать как меняются при этом графики зависимостей.

Заданные начальные параметры позволяют рассчитывать соответствующие значения силы тока и напряжения (по закону Ома), мощностей и КПД, которые также записываются в одномерные массивы (рис. 2, 3). По результатам вычислений строятся графики (рис. 4).

Предлагаем студентам проанализировать графики и сформулировать ответы на вопросы задачи.

- Из первого графика следует, что максимальная мощность на нагрузке выделяется при равенстве сопротивления внутреннему сопротивлению источника (так называемый

$$\begin{aligned}
 i &:= 0, 1.. 600 & R_i &:= i-1 & r0 &:= 50 & E &:= 15 \\
 I_i &:= \frac{E}{r0 + R_i} & U_i &:= I_i \cdot R_i \\
 P_i &:= (I_i)^2 \cdot R_i & Pist_i &:= E \cdot I_i & KPD_i &:= \frac{P_i}{Pist_i}
 \end{aligned}$$

Рис. 2. Заданные начальные параметры (первая строка) и формулы для вычислений

$R_i =$	$I_i =$	$U_i =$	$P_i =$	$Pist_i =$	$KPD_i =$
0	0.3	0	0	4.5	0
1	0.294	0.294	0.087	4.412	0.02
2	0.288	0.577	0.166	4.327	0.038
3	0.283	0.849	0.24	4.245	0.057
4	0.278	1.111	0.309	4.167	0.074
5	0.273	1.364	0.372	4.091	0.091
6	0.268	1.607	0.43	4.018	0.107
7	0.263	1.842	0.485	3.947	0.123
8	0.259	2.069	0.535	3.879	0.138
9	0.254	2.288	0.582	3.814	0.153
10	0.25	2.5	0.625	3.75	0.167
11	0.246	2.705	0.665	3.689	0.18
12	0.242	2.903	0.702	3.629	0.194
13	0.238	3.095	0.737	3.571	0.206
14	0.234	3.281	0.769	3.516	0.219
...

Рис. 3. Массивы данных сопротивлений резистора и рассчитанных в зависимости от них значений силы тока, напряжения, мощностей и КПД.

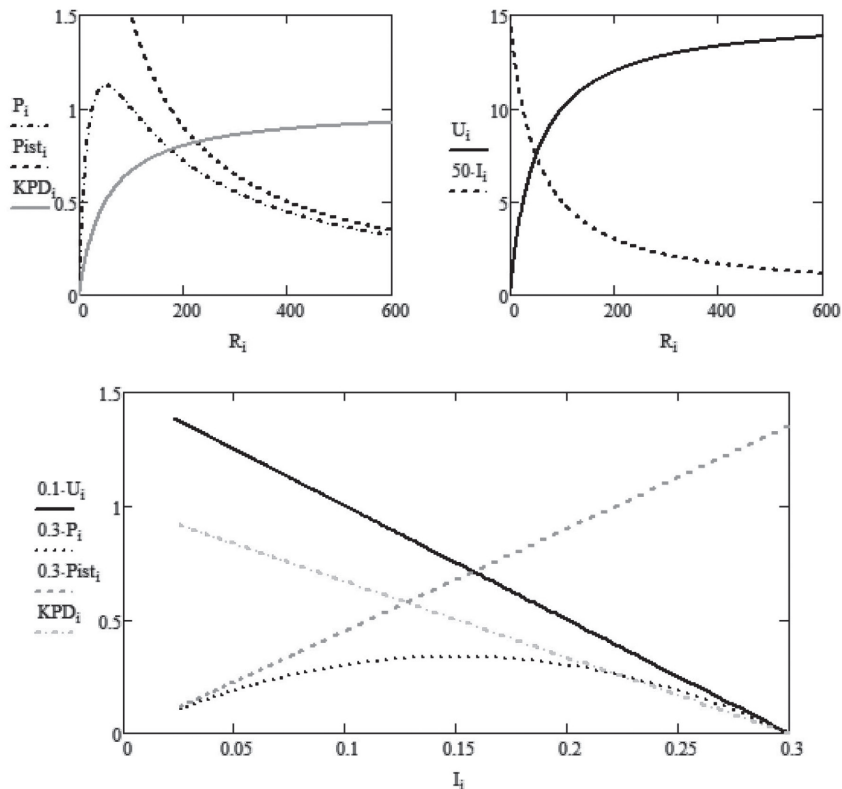


Рис. 4. Графики, построенные по результатам вычислений

согласованный режим). При этом КПД $\eta = 0,5$. В режиме короткого замыкания ($R = 0$) КПД $\eta = 0$, так как полезная мощность на нагрузке не выделяется ($P_{нагр} = 0$). В режиме холостого хода сопротивление нагрузки $R \rightarrow \infty$, ток $I \rightarrow 0$, КПД $\eta = 1$.

- Из второго графика следует, что с ростом сопротивления R ток I уменьшается, а напряжение U на клеммах источника растет.
- На третьем графике представили кривые изменения U , $P_{нагр}$, $P_{ист}$ и η в зависимости от тока I через нагрузку.

Построение графиков с помощью математических пакетов позволяет убедить студентов в том, что данный процесс позволяет быстро получить данные для анализа, сделать его лёгким для корректировок данных и качественным для последующего анализа и расчёта. Данная задача может быть предложена и школьникам, углубленно изучающим курс физики.

При исследовании одного и того же явления (при решении одной и той же задачи) могут одновременно применяться несколько видов моделирования (графическое и компьютерное, например), каждый из которых обладает своими преимуществами и способствует нахождению определенного ответа на вопрос.

В зависимости от уровня владения обучающимися языками программирования, возможно применение других математических пакетов, например, таких как Maple или Scilab.

Maple — программный пакет, ориентированный на сложные математические вычисления, визуализацию данных и моделирование. Данная система предназначена для символьных вычислений, в т. ч. для численного решения дифференциальных уравнений и нахождения интегралов, обладает развитыми графическими средствами, имеет собственный интерпретируемый язык программирования, синтаксисом частично напоминающий Паскаль.

В программе Scilab (аналог MATLAB) возможно построение 2D и 3D графиков, создание анимации, решение задач линейной алгебры, обработка сигналов, решение дифференциальных уравнений. Также, программа поддерживает полиномиальные и рациональные функции, разреженные матрицы, параллельную работу, дифференциальные и недифференциальные оптимизации, интерполяцию и другие функции. В отличие от Maple данная утилита поддерживает такие языки программирования как C или C++.

Существуют также программные пакеты, такие как Simulink, позволяющие строить динамические модели, рассчитывать их па-

раметры, выполняя непрерывное тестирование и проверку встраиваемых систем.

С помощью программных пакетов стало возможным построение и расчет структур и свойств молекулярных систем. Так, в программе Gaussian и совместно с ней работающей GaussView возможно построение сложных молекул (на занятии студентам предлагается исследовать молекулу мальвидина) с последующим расчетом энергетических характеристик, которые можно сравнить с экспериментальными данными, полученными при снятии спектров с веществ, в состав которых входит исследуемая молекула.

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа, пользующаяся высоким спросом в области компьютерного инжиниринга, которая позволяет решать с помощью метода конечных элементов стационарные и нестационарные пространственные задачи механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций, задачи механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, механики связанных полей.

Программный пакет MaterialsStudio представляет собой комплексную среду, которая предоставляет инструментарий для моделирования кристаллической структуры и процессов кристаллизации, прогнозирования свойств молекул, расчета электронной структуры. Программный пакет позволяет решать различные задачи в области материаловедения и химии.

С помощью компьютерных программ на занятиях по дисциплине «Математическое моделирование физических процессов и явлений» студенты учатся создавать модели физических явлений и процессов в виде анимаций, использование которых заменяет отсутствующее оборудование или демонстрирует явления, процессы взаимодействия на микроуровне. Примеры некоторых анимированных процессов приведены на рисунке 5.

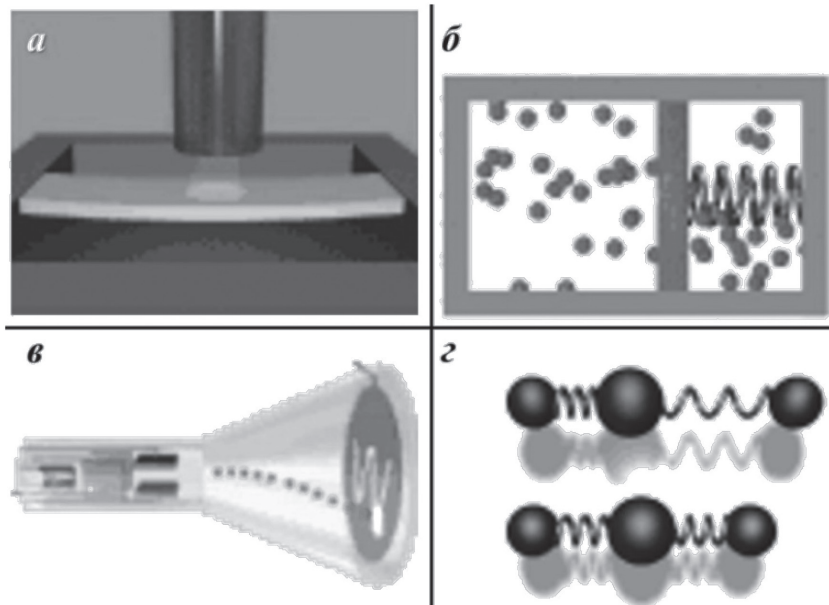


Рис. 5. Примеры анимированных процессов:

а – микрорезонатор, освещаемый пульсирующим оптическим излучением при помощи волоконного световода;

б — тепловые колебания осциллятора;

в — движение электронов в электронно-лучевой трубке осциллографа;

г — типы колебаний атомов в кристалле.

С помощью анимации (а) можно продемонстрировать микрорезонатор, освещаемый пульсирующим оптическим излучением при помощи волоконного световода, и обратить внимание на то, что микрорезонатор совершает изгибные колебания на частоте, равной частоте модуляции света.

С помощью анимации (б) возможна визуализация явления тепловых колебаний осциллятора. Для этого рассмотрим пор-

шень на пружине, помещённый в газ. Такая механическая система, если отвлечься от её молекулярного строения, обладает одной степенью свободы, т.к. положение поршня определяется единственной координатой x . Под действием нескомпенсированных ударов молекул поршень будет совершать хаотические движения относительно положения равновесия. Если состояние всей системы установилось, т. е. макроскопический процесс теплообмена закончился, то средняя кинетическая энергия движения поршня вдоль оси цилиндра равна средней кинетической энергии движения молекулы газа в том же направлении. При хаотических колебаниях поршня на пружине его кинетическая энергия будет переходить в потенциальную энергию деформации пружины и наоборот.

Анимации также могут демонстрировать принцип работы технических устройств. Например, анимация (в) показывает устройство электронно-лучевой трубки — главного элемента осциллографа — с электростатическим отклонением, а также движение электронного луча, рисующего на экране синусоиду.

Анимация (г), демонстрирующая типы колебаний атомов в кристалле, позволяет лучше объяснить данный процесс учащимся, чем статические изображения.

Программные пакеты постоянно совершенствуются, поэтому каждый выбирает для себя удобную программу в зависимости от цены, функционала, языка интерфейса и знаний языков программирования.

В связи с вышесказанным возникает методическая проблема — применение данных средств при изучении курса физики в школе и ВУЗе. Основная цель применения компьютерных пакетов в школе для моделирования физических явлений — визуализация, для подготовки бакалавров и магистров в ВУЗе необходимо, чтобы данные средства были освоены студентами для решения задач профессиональной деятельности, среди которых

проведение сложных технических расчетов, проектирование устройств и установок, управление технологическим процессом,

для будущих педагогов — применение данных средств на уроках физики.

Современный учитель физики также должен овладеть методом моделирования с помощью программных пакетов и научиться грамотно использовать его в образовательном процессе. Чаще учитель может использовать на уроке готовые модели. Однако возможно предложить учащимся попробовать свои силы в процессе моделирования с помощью компьютерных программ в рамках элективных курсов или проектной деятельности.

В результате проведенного исследования проанализированы возможности применения различных программных пакетов. Например, с помощью математических программных пакетов (Mathcad, MatLab, Maple) можно решать задачи о движении тел, рассчитывать параметры электрических цепей, исследовать различные поля, что позволяет предсказывать поведение реальных объектов в различных ситуациях. Такие программные пакеты, как Simulink, позволяют строить динамические модели, рассчитывать их параметры, выполняя непрерывное тестирование и проверку встраиваемых систем. Программный пакет MaterialsStudio представляет собой комплексную среду, которая предоставляет инструментарий для моделирования кристаллической структуры и процессов кристаллизации, прогнозирования свойств молекул, расчета электронной структуры. ANSYS — универсальная программная система, которая позволяет решать пространственные задачи механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций, задачи механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики. Среди средств разработки компьютерной анимации выделяют продукт MacromediaFlashMX, который позволяет использовать встроенный инструментарий для рисования графических объектов.

Моделирование позволяет не только визуализировать физические явления и предсказывать поведение физических объектов в тех или иных ситуациях, но и создавать действующие модели. Установлена необходимость и целесообразность использования программных пакетов при проведении учебных физических исследований на занятиях по физике и при выполнении проектов. ■

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вознесенская Н. В.* Обучение физике студентов технических вузов с использованием современных компьютерных технологий: автореф. дис. ... канд. пед. наук. МПГУ, Москва, 2006.
2. *Каменецкий С. Е.* Модели и аналогии в курсе физики средней школы. Пособие для учителя / С. Е. Каменецкий, Н. А. Солодухин. М.: Просвещение, 1982. — 96 с.
3. *Королев М. Ю.* Методическая система обучения методу моделирования студентов естественнонаучных и математических направлений подготовки в педвузах: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. МПГУ, Москва, 2002.
4. *Крутова И. А.* Обработка экспериментальных данных с применением пакета Mathcad / И. А. Крутова, О. А. Кручинкина // Образование в цифровую эпоху: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, Астрахань, 25–26 апреля 2019 года. — Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. — С. 106-109.
5. *Крутова И. А.* Реализация системно-деятельностного подхода в процессе обучения физике: учебно-методическое пособие / И. А. Крутова. — Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2019. — 159 с.
6. *Майер Р. В.* Расчет электрических цепей в системе MathCAD: учеб. пособие. — Глазов: ГГПИ, 2007. — 44 с.

7. *Одинцова Н. И.* Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений теоретическим методам получения физических знаний: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. МПГУ, Москва, 2002.
8. *Стефанова Г. П.* Методика обучения учащихся обобщенному методу построения физической модели ситуации задачи / Г. П. Стефанова, С. А. Тишкова // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития: Материалы IV Международной научно-методической конференции. — Москва: Московский педагогический государственный университет, 2019. — С. 287-292.