

ISSN 2307-5457	НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ
<i>Primus inter pares</i>	 УЧЕБНАЯ ФИЗИКА
Материалы XXVII Всероссийской научно-практической конференции	Январь - март 2022 №2
„Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения“	Издаётся с января 1997 года

СОДЕРЖАНИЕ

Хроника

М. Д. Даммер	XVI ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ТЕОРИИ И МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ ИМЕНИ А. В. УСОВОЙ 3
--------------	--

Основная школа

В. В. Майер	ШКОЛЬНЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ КАК СРЕДСТВО
Е. И. Вараксина	РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ 16

Старшая школа

В. В. Майер	ПРОСТЫЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ
Е. И. Вараксина	НА УРОКАХ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ 24
Ю. А. Корнев	

Высшая школа

С. А. Герасимов	ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ТЕМНОВЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ И МАНИПУЛЯЦИИ СО ВТОРЫМ НАЧАЛОМ ТЕРМОДИНАМИКИ 35
-----------------	--

Компьютер в эксперименте

Ф. А. Сидоренко	ПРЕЗЕНТАЦИИ К <i>ON-LINE</i> УПРАЖНЕНИЯМ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ В КУРСЕ ФИЗИКИ 42
Б. А. Мукушев	ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОСРЕДСТВОМ ПАКЕТА <i>MATHCAD</i> 45

УДК 531

Б. А. Мукушев

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПОСРЕДСТВОМ ПАКЕТА *MATHCAD*

Проанализированы вычислительные возможности пакета прикладных программ *MathCAD* и описаны основные характеристики этих программ. Представлены примеры из физики, где пакет *MathCAD* использован в качестве инструмента исследования физических процессов и явлений.

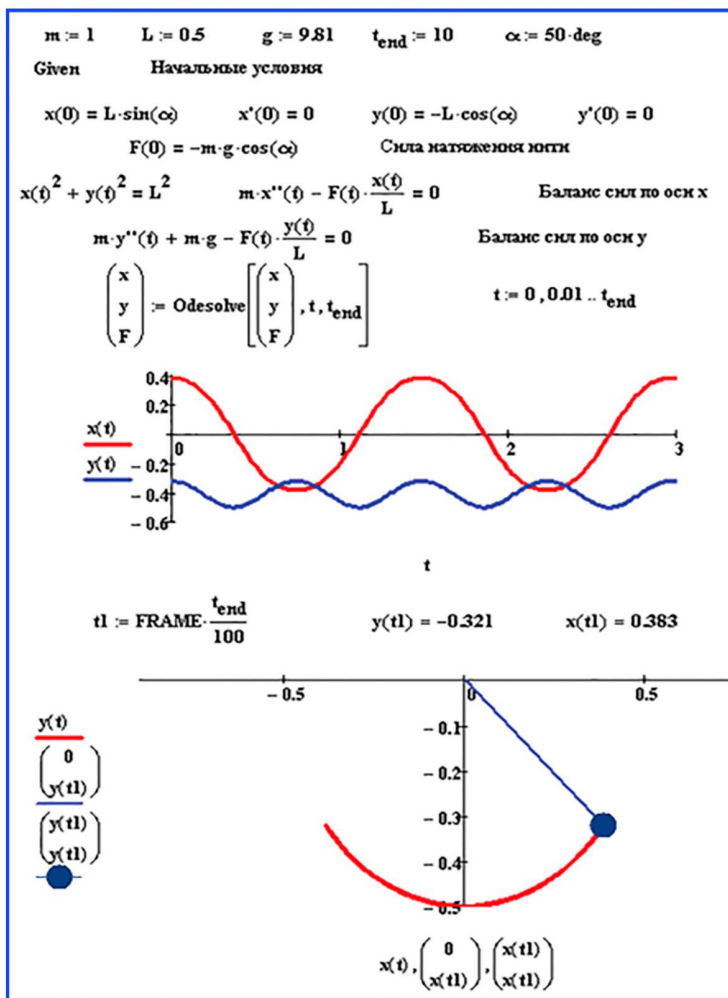
Ключевые слова: пакет прикладных программ *MathCAD*, стандартный математический язык, редактор формул, анимационная модель.

Пакет прикладных программ *MathCAD* — это приложение для математических и инженерных вычислений, промышленный стандарт проведения, распространения и хранения расчетов. С помощью пакета *MathCAD* осуществляются не только простые и вспомогательные вычисления, но и обеспечиваются довольно сложные расчеты и научные исследования, использующие комбинации самых разных численных алгоритмов и аналитических преобразований [1].

При создании пакета *MathCAD* сделано все возможное, чтобы пользователь, не обладающий специальными знаниями в программировании, мог в полной мере приобщиться к достижениям современной вычислительной науки и компьютерных технологий. Для работы с редактором *MathCAD* достаточно базовых навыков пользователя [2, 3].

Благодаря простоте применения, наглядности математических действий, обширной библиотеке встроенных функций и численных методов, возможности символьных вычислений, а также превосходному аппарату представления результатов *MathCAD* стал наиболее популярным математическим приложением. Простые правила встроенных функций применения позволяют производить вычисления различной степени сложности, и при этом от пользователя не требуется глубоких знаний в области программирования.

Отличительной чертой *MathCAD* от других современных математических приложений является следующие: во-первых, нет необходимости сначала писать программу, реализующую те или иные математические расчеты, а потом запускать ее на исполнение. Вместо этого достаточно вводить математические выражения, и тут же получить результат; во-вторых, можно создать страницу в Интернете именно в том виде, который этот документ имеет



Листинг 1

на экране компьютера при работе с *MathCAD*; в-третьих, данный пакет имеет возможности реализовать разные виды моделирования исследуемых явлений и процессов.

Рассмотрим примеры из школьной физики, которые раскрывают некоторые возможности *MathCAD*. Одно из важных прикладных направлений использования пакета *MathCAD* связано с изучением физики и других смежных дисциплин. Речь идет о моделировании

(симуляции) физических процессов в интерактивном режиме и численном решении уравнений, характеризующих физические явления. Рассмотрим примеры, где пакет *MathCAD* выступает мощным инструментом исследования физических процессов и объектов.

Пример 1. *Надо построить анимационную модель колебаний математического маятника. Масса груза маятника равна $m = 1$ кг, длина маятника $L = 0,5$ м, ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с², время продолжительности колебаний $t = 10$ с. Начальный угол отклонения от вертикали равен $\alpha = 50^\circ$.*

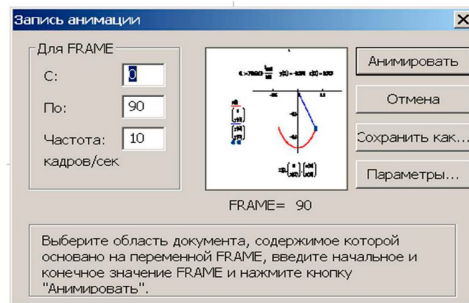


Рис. 1

Для осуществления моделирования напишем программу в среде *MathCAD*. На листинге 1 представлена программа, необходимая для демонстрации анимации колебаний маятника.

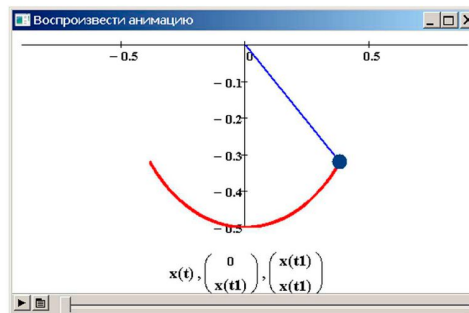


Рис. 2

До ключевого слова *Given* задаются параметры маятника и другие данные, необходимые для создания программы. После слов *Given* (до функции *Odesolve*) записываются начальные условия (положение маятника при $t = 0$, условие его неподвижности и си-

ла натяжения нити в начальной точке) и три уравнения — одно алгебраическое (координаты x и y груза маятника «связаны» нитью длиной L через теорему Пифагора) и два дифференциальных.

Первое дифференциальное уравнение описывает баланс сил, действующих на груз, по оси x . Второе — описывает баланс сил по оси y . Функция *Odesolve* объединяет три рабочих функций x , y и F в одно выражение, которое призвано построить графики функций $x(t)$ и $y(t)$.

Анимация — это последовательность кадров, представляющих собой некоторый участок документа (листинга), который выделяется пользователем. Номер кадра задается системной переменной *FRAME*, которая может принимать лишь натуральные значения.

Рассмотрим последовательность действий для создания анимации колебаний. При этом каждый момент времени будет задаваться переменной *FRAME*.

1. Выполнить команду *Tools/Animation/Record* (Сервис / Анимация / Запись).
2. В диалоговом окне *Record Animation* (Запись анимации) задавать номер первого кадра в поле *FROM* (от), номер последнего кадра в поле *To* (До) и скорость анимации в поле *At* (Скорость) в кадрах в секунду (рис. 1).
3. Выделить протаскиванием указателя мыши при нажатой левой кнопки мыши область в документе, которая станет роликом анимацию.
4. В диалоговом режиме *Record Animation* (Запись анимации) следует нажать кнопку *Animate* (Анимировать). После этого в окошке появятся результаты расчетов выделенной области, сопровождающиеся выводом текущего значения переменной *FRAME*.
5. По окончании этого процесса на экране появится окно проигрывателя анимации (рис. 2).
6. Просмотр анимации в проигрывателе происходит после нажатия кнопки воспроизведения в левом нижнем углу окна.

Пример 2. *Нить, обернутая вокруг неподвижного диска радиусом r , образует полуокружность (рис. 3). Один конец нити закреплен в точке A , ко второму концу нити привязан грузик, который удерживается в точке B (точки A и B находятся на одной вертикали). В некоторый момент грузик отпускается. Какая часть нити останется в соприкосновении с диском, когда грузик максимально удалится от начального положения? Трением пренебречь.*

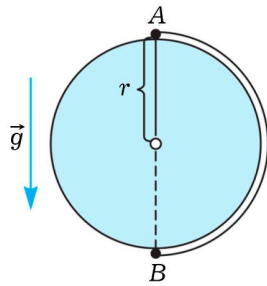


Рис. 3

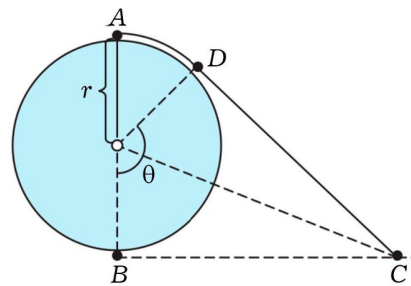


Рис. 4

По закону сохранения энергии точка B и точка максимального удаления C находятся на одной горизонтали (рис.4). Из рисунка находим

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{CD}{r}.$$

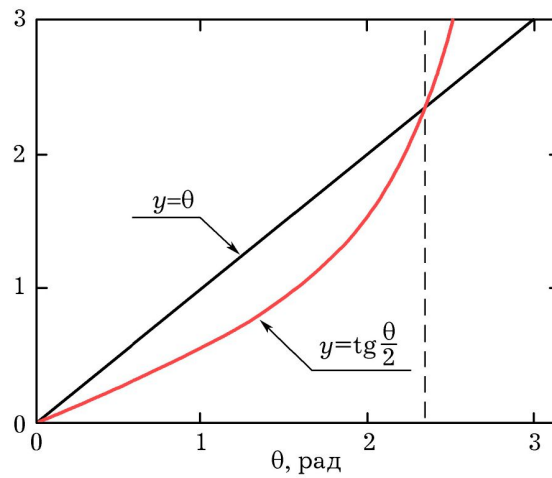


Рис. 5

С другой стороны, длина дуги BD равна длине отрезка CD : $\cup BD = CD = r\theta$. Итак, $\operatorname{tg} \theta/2 = \theta$. Это — трансцендентное уравнение, которое не решается аналитическим способом. С помощью графической оценки находим интервал, где лежит корень уравнения. Чтобы определить число корней уравнения в интересующем нас промежутке $0 < \theta < \pi$, построим графики $y = \theta$ и $y = \operatorname{tg} \theta/2$ в среде *MathCAD* (рис. 5, листинг 2).

```

bisec(f, a, b, ε) := | fa ← f(a)
                    | while b - a > ε
                    |   | z ← (a + b) / 2
                    |   | fz ← f(z)
                    |   | (break) if fz = 0
                    |   | b ← z if fa · fz < 0
                    |   | a ← z otherwise
                    | z
f(z) := tan(z/2) - z  "Уравнение как функция пользователя
a := 2.0              "Левая граница интервала
b := 2.5              "Правая граница интервала
ε := 0.001           "Погрешность уточнения корня
bisec(f, a, b, ε) = 2.331 "Уточненное значение корня уравнения

```

Листинг 2

Из графиков видно, что в интервале $2,00 < \theta < 2,50$ уравнение имеет единственный корень.

Чтобы улучшить точность полученной оценки, воспользуемся методом бисекции (метод деления отрезка пополам) — простейший численный метод для решения нелинейных уравнений вида $f(x) = 0$. Составим программу в среде *MathCAD* для рационального применения данного метода.

Программа вычислила значение искомого угла при точности 0,001. *MathCAD* даст такое решение, $\theta \approx 2,331$ радиан $\approx 133,6^\circ$.

Таким образом,

$$\frac{\cup AD}{\cup AB} = \frac{\pi - \theta}{\pi} \approx 0,258.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирьянов Д. *MathCAD 14* в подлиннике. — СПб.: «БХВ–Петербург», 2007. — 682 с.
2. Майер Р. В. Решение физических задач с помощью пакета *MathCAD* [Электронный ресурс] / Р. В. Майер. — Глазов: ГГПИ, 2006. — 37 с.
3. Мукушев Б. А. Пакет прикладных программ *MathCAD* и сфера их применения // Потенциал. — 2021. — № 11. — С. 32–44.

Казахский агротехнический
университет имени С. Сейфуллина

Поступила в редакцию 16.01.22.

ABSTRACTS

Dammer M. D. XVI All-Russian Student Olympiad on the theory and methodology of teaching physics named after A. V. Usova. The results of the XVI All-Russian Student Olympiad on the theory and methodology of teaching physics named after A. V. Usova are discussed. The characteristics of tasks and the results of their implementation by the participants of the Olympiad are given, the peculiarities of the preparation and performance of teams in competitions are analyzed, winners and prize-winners are listed. *Keywords:* A. V. Usova, All-Russian Olympiad, theory and methodology of teaching physics, pedagogical education.

Mayer V. V., Varaksina E. I. School physics textbook as a means of developing critical thinking. It is shown that descriptions of some demonstration experiments in school physics textbooks can become the basis of research projects that develop students' critical abilities. *Keywords:* school physics textbooks, demonstration experiments, research projects, critical abilities.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Kornev Yu. A. Simple demonstration experiments in electrostatics lessons. It is shown that a modern physics course should be built in accordance with the theoretical cycle of scientific knowledge of Einstein and Razumovsky and then all schoolchildren will understand it. *Keywords:* physics lesson, electrostatics, demonstration experiment, cycle of scientific knowledge.

Gerasimov S. A. Experiments with dark current and manipulations with second law of thermodynamics. An amazing thing — the contact of aluminum with distilled water produces electrical energy that does not disappear for weeks and even months. It remains to be seen why this is happening and what it has to do with the second law of thermodynamics. An attempt to change the shape of aluminum electrodes contributes to the solution of this problem. *Keywords:* distilled water, aluminum, voltage, temperature of liquid, dark electric current.

Sidorenko F. A. Presentations to on-line exercises for solving problems in the course of physics. It is proposed to use animated presentations as a reference component when conducting remote practical classes with engineering students. The didactic principles of slide construction and methods of working with an online audience are considered. *Keywords:* presentation, slide, animation.

Mukushev B. A. Study of physical processes using the MathCAD package. The computational capabilities of the MathCAD application software package are analyzed and the main characteristics of these

programs are described. Examples from physics are presented, where the MathCAD package is presented as a tool for studying physical processes and phenomena. *Keywords:* MathCAD application software package, standard mathematical language, formula editor, animation model.

Zuev P. V. Simple experiments and observations as a means of increasing the effectiveness of experimental training of students.

The article discusses the problem of increasing the level of experimental training of students in physics using simple experiments and observations. The features of the experiments and their importance for increasing the effectiveness of experimental training are indicated. *Keywords:* motive, entertainment, engineering education, problem, simple experiments.

Pautkina A. V. Laboratory workshop for schoolchildren in a remote format.

The method of organizing a laboratory workshop in physics for schoolchildren in a remote format is described. *Keywords:* laboratory workshop in physics, video clips, methodological support, distance learning.

Saurov Y. A. A scientist is always a fighter for new things... (Essay on the anniversary of Professor V. V. Mayer).

In the form of an essay, the creative fate and professional activities of Professor V. V. Mayer in Glazov State Pedagogical Institute named after V. G. Korolenko are considered. *Keywords:* history and methodology of methods of teaching physics, scientific and methodological activity, systems of methodological knowledge.