

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТАХ
НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ
ЗАКОНОВ РАВНОПЕРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЯ»**

А. Р. Степаненко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. И. Кравченко

Физическое моделирование – вид моделирования, который состоит в замене изучения некоторого явления исследованием его модели, имеющей такую же физическую природу. В науке любой эксперимент, производимый для выявления тех или иных закономерностей изучаемого явления или для проверки правильности и границ применимости, найденных теоретическим путем результатов, по существу представляет собою моделирование, так как объектом эксперимента является конкретная модель, обладающая необходимыми физическими свойствами, а в ходе эксперимента должны выполняться основные требования, предъявляемые к моделированию. При реальных физических движениях тел в газовой или жидкостной среде трение наклад-

дывает огромный отпечаток на характер движения. Каждый понимает, что предмет, сброшенный с большой высоты (например, парашютист, прыгнувший с самолета), вовсе не движется равноускоренно, так как по мере набора скорости возрастает сила сопротивления среды. Даже эту, относительно несложную, задачу нельзя решить средствами «школьной» физики: таких задач, представляющих практический интерес, очень много. После оценки всех параметров можно приступить к численному решению задачи. При этом следует воспользоваться любым из известных методов интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений: методом Эйлера, одним из методов группы Рунге–Кутты или одним из многочисленных неявных методов. Разумеется, у них разная устойчивость, эффективность и т. д. Физическое моделирование можно проводить в следующих пакетах:

1. MatLab. Для имитационного моделирования в системе MatLab используются элементы пакета расширения Simulink. Для задания величин используем элемент Constant находящийся в Simulink/Sources. Для интегрирования – элемент Integrator. Находящийся в Simulink/Continuous/Integrator. Для вывода информации используем элементы Display и Scope. Находящиеся в Simulink/Sinks.

2. Wolfram Mathematica. В Wolfram Mathematica для создания интерактивных моделей можно использовать встроенные функции Dynamic Module и Manipulate. Также в данной системе реализованы основные методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений: метод Рунге–Кутты четвертого порядка, метод Дорманда–Принца восьмого порядка, метод Эйлера первого порядка, метод Bogacki–Shampine пятого порядка.

3. Python + Matplotlib. Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения. Для решения научных задач на нем прекрасно подойдет библиотека Matplotlib, предоставляющая большие возможности для построения графиков и анализа данных. Не лишним будет установить интерактивную оболочку IPython, одновременно являющуюся и дистрибутивом многих математических библиотек для данного языка программирования.

4. Java Simulations. Open-Source – проект для языка программирования Java, предоставляющий набор реализованных численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений вплоть до 8-го порядка и набор графических элементов. В отличие от MatLab и Wolfram данные модели не привязаны к платформе. Данный пакет генерирует Java апплеты, а с последней версии и JavaScript апплеты, которые можно запускать даже на IOS и Android (рис. 1) [1], [2].

В данной работе представлен вариант моделирования физического процесса – «свободное падение тела с учетом сопротивления воздуха» в open-source пакете Java Simulations, ранее не описанного в русскоязычной научной литературе. Также проведено схожее моделирование в Wolfram Mathematica и на языке Python для оценки данного метода.

В лабораторной работе «Изучение законов равнопеременного движения» изучаются законы свободного движения тел в поле сил тяжести. В основу рассмотрения положен второй закон Ньютона. Уравнение движения имеет упрощенную форму записи – физическая задача решается без учета ряда сил возникающих при свободном падении тела. В законе движения отсутствуют величины, которые реально определяют свободное падение. Так, при относительно малых скоростях величина силы сопротивления пропорциональна скорости, а при более высоких скоростях сила сопротивления становится пропорциональной квадрату скорости.

Моделирование позволяет оценить, при какой скорости для падающего вертикально шара силы сопротивления и выталкивания сравняются с силой тяжести и движение станет равномерным. Как оказалось, для падающего вертикально алюминиевого шарика

силы сопротивления и выталкивающая сравниваются с силой тяжести, когда скорость будет выходить на постоянное значение – предельную скорость порядка 32,4 м/с и движение становится равномерным. Скорость при которой движение тела в воздухе станет равномерным недостаточно мала, чтобы пренебречь вкладом квадратичной составляющей силы сопротивления, которую легко учесть моделируя движение. Учитывая зависимость ускорения свободного падения от высоты, можно исследовать зависимость температуры, плотности и давления воздуха на разных высотах, а затем вносить поправки в уравнение движения. В пакете Java Simulations реализованы численные методы вплоть до 8-цй порядка точности (метод Дорманда–Принца), что значительно сокращает время написания готовой модели.

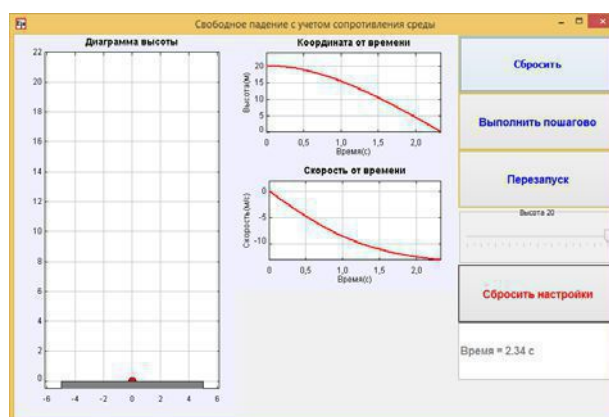


Рис. 1. Внешний вид программы, разработанной в Java Simulations

Сопоставляя кинематические уравнения движения алюминиевого шарика с разных высот, записанные с использованием численного метода Рунге–Кутты, с учетом описанных выше зависимостей, с расчетом составленным на основе математической модели на языке Python, используя библиотеку Matplotlib для визуализации результатов, приходим к выводу, что полученная нами формула дает достаточно хорошие результаты, которые могут быть использованы при расчетах движения тел в поле сил тяжести при изучении равнопеременного движения.

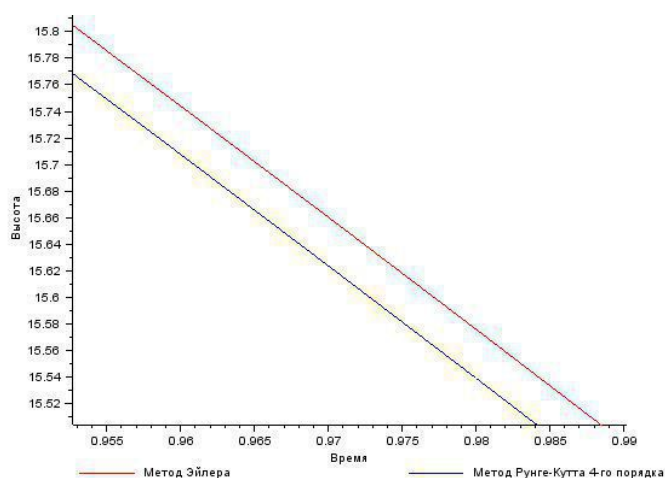


Рис. 2. Сравнение данных, полученных с помощью метода Эйлера и метода Рунге–Кутты 4-го порядка

Сравнение результатов, полученных с помощью численного метода Рунге–Кутты 1-го порядка и метода Рунге–Кутты 4-го порядка, показывает (рис. 2), что для данной задачи нецелесообразно применять методы высоких порядков, достаточно ограничиться вторым порядком точности.

Литература

1. Коткин, Г. Л. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB : учеб. пособие / Г. Л. Коткин, В. С. Черкасский // Новосиб. ун-т. – Новосибирск, 2001. – 173 с.
2. Самарский, А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М. : Наука, 1989. – 432 с.