УДК 534.5

**Двойной математический маятник: эксперимент, визуализация, анализ**

Игуменов А.Ю.1,2\*, Гаранов И.А.1\*\*, ЛадонкинМ.А. 1\*\*\*

*Доцент, студент, студент*

1Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

2ООО «Т8»

\*E-Mail: igumenov.an@mipt.ru

\*\*E-Mail: garanov.ia@phystech.edu

\*\*\*E-Mail: ladonkin.ma@phystech.edu

Исследование двойного математического маятника представляет значительный интерес для современной физики и механики, так как оно позволяет изучить сложные колебательные системы, включая явление сложения перпендикулярных колебаний (двухосевых колебаний) [5][6][8][9]. Такие системы широко применяются в различных областях, от инженерных расчётов до моделирования динамических процессов в природе.  В работе[4] маятниковая система используется для моделирования ударных воздействий на плоды аронии, что позволяет изучать механические повреждения и их влияние на структуру материала. В статье [3] маятниковая система применяется экспериментах, в которых ключевое внимание уделяется управлению колебаниями с помощью параметрического охлаждения. Это подчеркивает важность маятниковых систем в инженерных расчетах и высокоточных измерениях. В исследовании [2] маятниковая система используется для тестирования амортизирующих материалов, что иллюстрирует её применение в задачах, связанных с защитой биологических объектов от механических повреждений. В публикации [1] маятниковые системы изучаются с использованием смартфонов, что демонстрирует их универсальность и доступность для моделирования и анализа динамических процессов в образовательных и научных целях.

Настоящая работа посвящена исследованию свойств двойного математического маятника, включая проверку применимости модели гармонических колебаний [7] для описания его движения. Основные задачи включали изучение зависимости периода биений системы от её ключевых параметров, таких как длины нитей, образующих маятник, а также экспериментальное подтверждение теоретической модели. Для этого были использованы современные методы обработки данных, включая анализ видео с помощью программы Tracker и численные методы нелинейной аппроксимации. Важным аспектом является экспериментальное выявление границ применимости теории двухосевых колебаний, что позволяет уточнить условия, при которых данная модель может быть использована для описания реальных физических систем.

В данной работе экспериментально исследована применимость модели гармонических колебаний для описания движения двойного математического маятника при малых отклонениях. Исследована зависимость периода биений от длины нити и расстояния до точки подвеса, а также выявлены границы применимости теории двухосевых колебаний. Показано, что использованная модель корректно описывает экспериментальные результаты. Разработанные методики могут быть применены для исследования других механических систем, что делает работу важной для дальнейшего развития теории колебаний и динамики.

**Список литературы:**

1. Dynamic study of pendulum systems through smartphone-based laboratory experiments. // Physics Education, 57, (2022).
2. Elçin YEŞİLOĞLU. Determination of bruise preventing capacity of the cushioning material in persimmon fruit under pendulum impact test. // Journal of Food Process Engineering, 45, (2022).
3. Hartwig H. [et al.]. Mechanical parametric feedback-cooling for pendulum-based gravity experiments. // Engineering Research Express, 4, (2022).
4. Hou1 J. [et al.]. Mechanical behavior of impact damage on Aronia melanocarpa: an experiment on pendulum method and hyperspectral imaging // Journal of Food Measurement and Characterization, 18, 7894–7915 (2024).
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Теоретическая физика. Том 1: Механика.* — М.: Наука, 1988.
6. Савельев И.В. *Курс общей физики. Том 1: Механика.* — М.: Наука, 1982.
7. Самарский А.А., Михайлов А.П. *Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры.* — М.: Физматлит, 2005.
8. Сивухин Д.В. *Общий курс физики. Том 1: Механика.* — М.: Наука, 1989.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М**.** *Фейнмановские лекции по физике. Том 1: Современная наука о природе. Законы механики.* — М.: Мир, 1965.