# Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механикии оптики

#### УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ



Группа: О3143

Студент: Кожинов Павел

Преподаватели: Ефремова Екатерина Александровна, Никитченко Андрей Игоревич

## Рабочий протокол и отчет по моделированию №2

## Маятник Капицы.

#### 1. Цель работы.

Исследовать динамику маятника Капицы, анализировать положения равновесия, резонансные явления, а также изучить взаимосвязь потенциальной и кинетической энергии в системе.

## 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- 1. Моделирование движения маятника Капицы.
- 2. Построение диаграммы в координатах амплитуды (a) и частоты (f) для определения областей с различными положениями равновесия шарика.
- 3. Построение координатного фазового портрета осциллятора в окрестности точки, находящейся в области параметрического резонанса.
- 4. Исследование зависимости потенциальной и кинетической энергии шарика от времени для точки, находящейся вблизи границы области параметрического резонанса.
- 5. Анализ гармоник, присутствующих в этой зависимости, и их интерпретация.

#### 3. Объект исследования.

Маятник Капицы.

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Программная модель на Python.

## 5. Рабочие формулы и исходные данные.

Уравнение Ньютона в неустойчивом режиме:

$$mL\frac{d^2\varphi}{dt^2} = mgsin\varphi + ma\omega^2 sin\varphi cos\omega t$$

Дифференциальное Уравнение движения маятника Капицы:

$$\frac{dx}{dt} = -\delta V - \left(\frac{g}{l}\right) \sin(x) + \frac{\gamma \cos(\omega t)}{ml}$$

Кинетическая энергия системы:

$$E_k = \frac{ml^2v^2}{2}$$

Потенциальная энергия системы:

$$E_p = mlg(1 - \cos x)$$

### 6. Набор данных параметров:

Параметр	Значение
Масса грузика	0.1 кг
Длина стержня	0.2 м
Коэффициент трения	0.1
Амплитуда внешней силы	1.0
Частота внешней силы	2.0

## 7. Ссылка на репозиторий с программой на GitHub.

https://github.com/oAnthocyane/KapitsaPendulum (главный файл для запуска – main)

График №1: Фазовый портрет маятника Капицы (Создано в Wolfram Alpha)

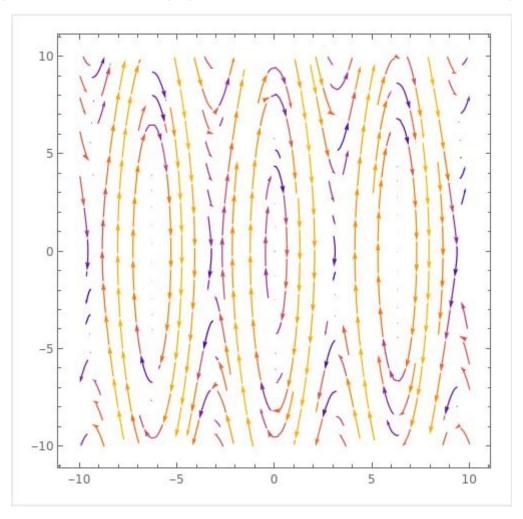


График №2: Зависимость потенциальной и кинетической энергии от времени

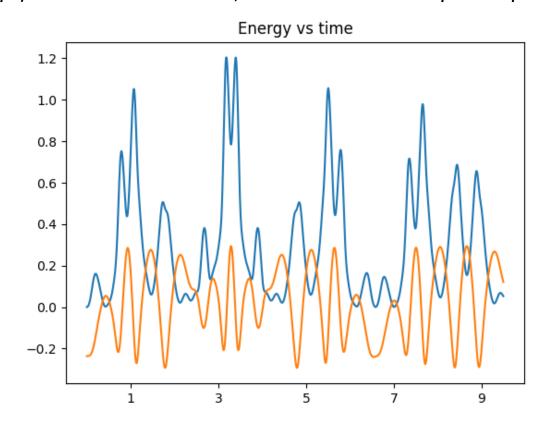
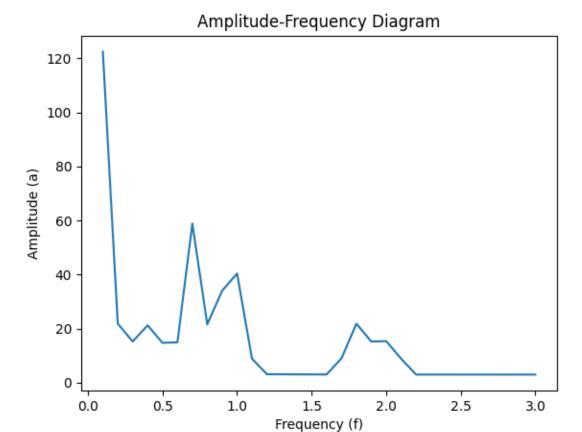


График №3: а-f график



### 8. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе работы была успешно выполнена моделирование динамики маятника Капицы. Было проведено исследование параметрического резонанса, что позволило увидеть влияние различных частот и амплитуд колебаний на положение равновесия маятника. С помощью построения фазовых портретов осциллятора в области параметрического резонанса было возможно наблюдать и анализировать динамику системы, что помогло получить понимание сложного поведения маятника Капицы. Анализ временной зависимости потенциальной и кинетической энергии показал, как энергия перераспределяется в системе, а также обнаружил присутствие определенных гармоник, что указывает на сложную природу движения в данной системе.