# Пояснение, обоснование и предоставление графиков к ТЗ в компанию

# “РИТМ”

**Контекст проблемы:**

Мы рассматриваем физическую модель маятника, где груз, имеющий массу \( m = 1.0 \) кг, подвешен на нерастяжимой стержне длиной \( L = 5 \) м. На него действуют силы, включая силу тяжести и силу сопротивления воздух. Необходимость в анализе такой системы возникает в различных областях науки и техники, где важно понимать поведение колеблющихся объектов.

**Важность:**

Решение данной задачи позволяет получить знания о принципах механики, применимых в инженерии, астрономии и других точных науках. Это также помогает в разработке систем управления и моделирования динамических процессов.

**Цели кода:**

- Составить и решить систему дифференциальных уравнений, описывающих движение груза в декартовой системе координат.

- Использовать численные методы для интеграции уравнений движения и визуализации результатов.

- Проанализировать влияние различных параметров (например, силы сопротивления) на динамику системы.

**Общий подход:**

В данном коде используется численный метод Рунге-Кутты четвертого порядка для решения системы дифференциальных уравнений, описывающих движение груза на маятнике. Этот подход известен своей точностью и стабильностью при интегрировании обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).

**Описание метода:**

- Шаг расчета: Метод Рунге-Кутты четвертого порядка разбивает расчет на несколько промежуточных шагов. Это позволяет более точно оценивать изменение функции на каждом временном шаге.

- Система уравнений: Функция f описывает дифференциальные уравнения, характеризующие систему (с изменяемым ускорением свободного падения \( g(t) \)).

**Причины выбора подхода:**

1. Точность:

Метод Рунге-Кутты четвертого порядка предлагает баланс между точностью и вычислительными затратами, что делает его подходящим для симуляции динамических систем, таких как маятники.

2. Стабильность:

Этот метод понижен до ошибку порядка \( O(dt^4) \), что позволяет использовать относительно большие шаги \( dt \) без потери точности.

3. Простота реализации:

Используя этот метод в сочетании с простыми циклами и функциями, можно эффективно интегрировать систему и получать надежные результаты без сложной настройки.

4. Гибкость:

Метод является универсальным и может быть настроен для других типов дифференциальных уравнений, что делает его подходящим для расширения задачи или анализа в дальнейших исследованиях.

**Код состоит из двух основных компонентов:**

**1. Функция f:**

- Отвечает за описание системы дифференциальных уравнений.

- Аргументы: принимает текущее время t, текущие координаты положения x и y, и возвращает значения производных dx и dy.

- Взаимодействие: используется в главном цикле для вычисления мгновенных изменений состояний системы.

**2. Функция main:**

- Инициализация: Устанавливает начальные условия для задачи, такие как начальная координата x, y, временной интервал и параметры печати.

- Цикл времени: Перебирает временные шаги от t0 до t\_end с заданным шагом dt.

- Взаимодействие с f: В каждом шаге вызывает функцию f для расчета текущих значений производных.

- Рунге-Кутты: Применяет метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Пользуется промежуточными расчетами для получения более точного изменения координат за текущий шаг времени.

- Вывод: Печатает текущее значение времени и соответствующие координаты системы.

**Взаимодействие частей кода:**

- Инициализация: Главная функция main устанавливает начальные условия и запускает временной цикл. Она взаимодействует с функцией f для вычисления изменений в координатах.

- Расчет производных: В основной временной петле main каждую итерацию вызывается функция f для расчета производных значений скорости и изменения положения (dx, dy). Эти значения используются для дальнейших расчетов методом Рунге-Кутты.

- Обновление состояния: Метод Рунге-Кутты в main использует результаты, полученные от функции f, для интеграции уравнений и обновления координат x и y.

- Вывод: После обновления в каждой итерации цикл печатает текущее время и новые координаты, создавая таблицу изменений состояний системы со временем.

Таким образом, код реализует численное решение задачи через тесное взаимодействие функций внутри описанного процесса.

# Ключевые алгоритмы и решения:

1. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка:

Описание и назначение:

- Метод Рунге-Кутты четвертого порядка является одним из наиболее широко используемых численных методов для решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).

- Он позволяет получить очень хорошую точность за счет использования промежуточных расчетов на каждом временном шаге, что снижает ошибку интегрирования.

- Процесс вычисления включает несколько стадий (обозначаемых как \( k1, k2, k3, k4 \)), каждая из которых использует различную линейную комбинацию производных для получения наилучшего приближения.

Как работает:

- Вычисляются промежуточные уклоны \( k1, k2, k3, k4 \) для каждого состояния (в данном случае, для \( x \) и \( y \)):

1. \( k1 \): Вычисляется на основе начальных значений производных \( dx, dy \).

2. \( k2 \): Использует значения из \( k1 \), учитывая половину временного шага.

3. \( k3 \): Аналогично \( k2 \), но с поправкой на среднее значение состояния.

4. \( k4 \): Использует полное изменение на временном шаге, основанное на \( k3 \).

- Итоговое значение на следующем временном шаге комбинируется с учетом весов: \( x = x0 + \frac{dt}{6}(k1 + 2k2 + 2k3 + k4) \).

**Обоснование выбора:**

- Точность: Метод дает высокую точность без значительного увеличения вычислительных затрат по сравнению с методом Эйлера, особенно эффективен для гладких решений.

- Стабильность: Обладает хорошей устойчивостью для небольших временных шагов, что важно для длительных интервалов интегрирования.

- Универсальность: Может применяться для широкого класса задач, включая задачи механики, как в данном примере.

**2. Модель системы уравнений:**

Описание и назначение:

- Система уравнений в функции `f` описывает динамику системы с учетом изменяющейся силы тяжести \( g \), зависящей от времени.

- Цель - моделировать движение с учетом влияния периодического изменения силы тяжести, что усложняет задачу и требует надежного интегратора.

Как работает:

- В функцию `f` включено зависимое от времени изменение гравитационной силы через терм \( g = g0 + 0.05 \cdot \sin(2 \pi T t) \).

- Вычисляются производные \( dx \) и \( dy \), которые определяют изменения координат \( x \) и \( y \).

Обоснование выбора:

- Комплексная динамика: Модель учитывает более сложные сценарии, чем постоянное ускорение, что делает ее более жизненной.

- Проверка алгоритма: Подобная конструкция дает возможность тестировать схему интегрирования на системе с известной динамикой, демонстрируя надежность и точность метода Рунге-Кутты.

Совокупное применение этих алгоритмов позволяет эффективно и точно моделировать физическую систему в заданных условиях, обеспечивая согласованные и предсказуемые результаты.