

## 1 Преобразование в систему 4 уравнений первого порядка

Исходная система из двух обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка естественным образом сводится к системе из 4 уравнений первого порядка, и имеет вид:

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ v_x \\ y \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_x \\ -\frac{m \cdot x}{L} \cdot T \\ v_y \\ -\frac{m \cdot y}{L} \cdot T - g(t) \end{pmatrix} = f(x, y, t, T)$$

## 2 Определение силы сопротивления стержня

В указанной системе уравнения остаётся неизвестное - значение силы  $T$ , которое определяется из условия не растяжимости стержня:  $x^2 + y^2 = L^2$ . Предлагаю находить значение силы путём минимизации функционала  $\Phi(T) = |x(t, T)^2 + y(t, T)^2 - L^2|$ . То есть на каждом шаге по времени решаю задачу  $\min_T \Phi(T)$ .

## 3 Методы

Шаг интегрирование по времени, то есть по известным  $x(t), y(t), T$  определение  $x(t+dt), y(t+dt)$ , делаю обычным Рунге Кутта 4 порядка. Минимизация совершенно наивная - простой градиентный спуск.