Параметры системы

$g := 10 \quad L := 1 \quad m := 0.5 \quad M := 3 \qquad b := \dfrac{m}{M + m}$ Приведенная Масса $\qquad \beta := 1$ к /т затухания

Компоненты состояния

$$x = \begin{pmatrix} \theta \\ \omega \\ x \\ v \end{pmatrix} \qquad \frac{d}{dt}X = \begin{pmatrix} \frac{d}{dt}\theta \\ \frac{d}{dt}\omega \\ \frac{d}{dt}x \\ \frac{d}{dt}v \end{pmatrix}$$

Уравнение состояния

$$D(L,t,x) := \begin{bmatrix} x_1 \\ \dfrac{g \cdot \sin(x_0) + b \cdot L \cdot (x_1)^2 \cdot \sin(x_0) \cdot \cos(x_0) - \beta \cdot x_3}{L \cdot \left(1 + b \cdot \cos(x_0)^2\right)} \\ x_3 \\ b \cdot \dfrac{L \cdot (x_1)^2 \cdot \sin(x_0) - g \cdot \sin(x_0) \cdot \cos(x_0) - \beta \cdot x_3}{1 + b \cdot \cos(x_0)^2} \end{bmatrix}$$

Решаем систему нелинейных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутта 4-го порядка

$T := 50 \qquad N := 10^2 \cdot 5 \qquad \theta o := 0.1$ Начальное положения угла маятника в радианах

$$x := \mathrm{rkfixed}\left[\begin{pmatrix} \theta o \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, 0, T, N, D(L)\right] \qquad t := x^{\langle 0 \rangle} \qquad i := 0 .. N$$

Колебания угла маятника

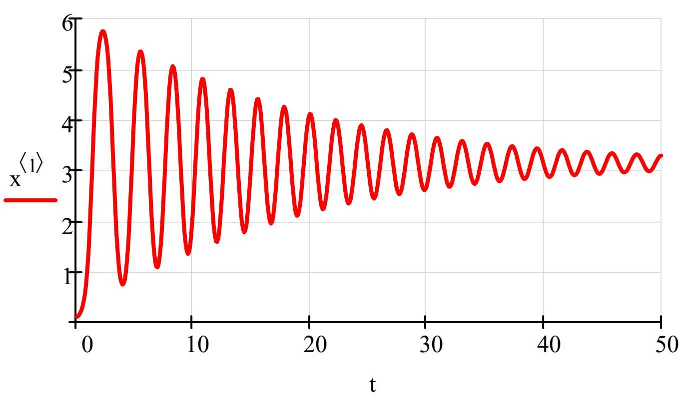
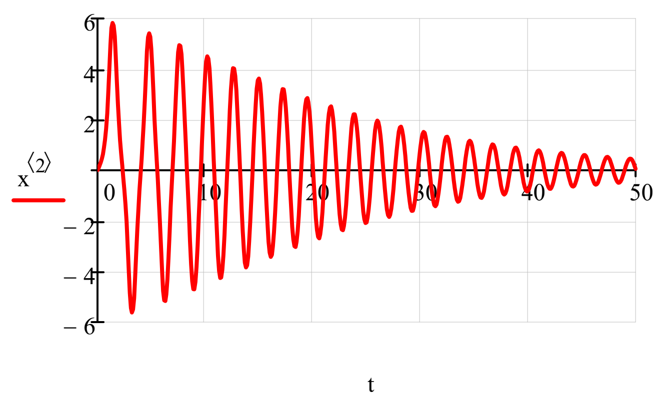
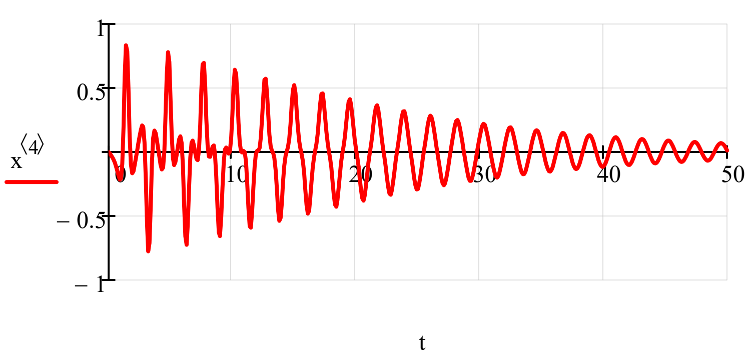


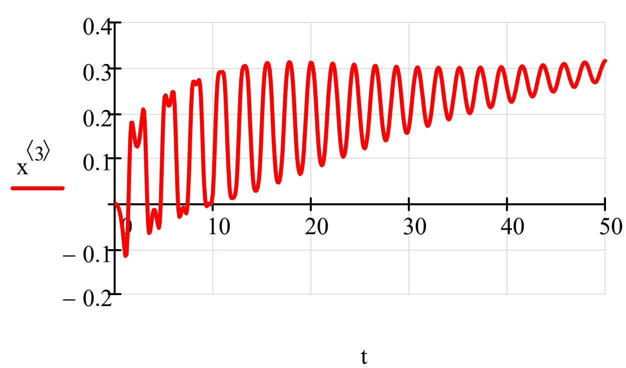
График частоты колебаний маятника



Колебания координаты каретки



Колебания скорости каретки



$a := 0.5 \quad b := 0.2$

$j := FRAME$

$z := (-a - i\cdot b \quad -a + i\cdot b \quad a + i\cdot b \quad a - i\cdot b \quad -a - i\cdot b)^T + \left(x^{\langle 3\rangle}\right)_j$

$z1\_ := L\cdot\sin\left[\left(x^{\langle 1\rangle}\right)_j\right] + \left(x^{\langle 3\rangle}\right)_j + i\cdot L\cdot\cos\left[\left(x^{\langle 1\rangle}\right)_j\right]$

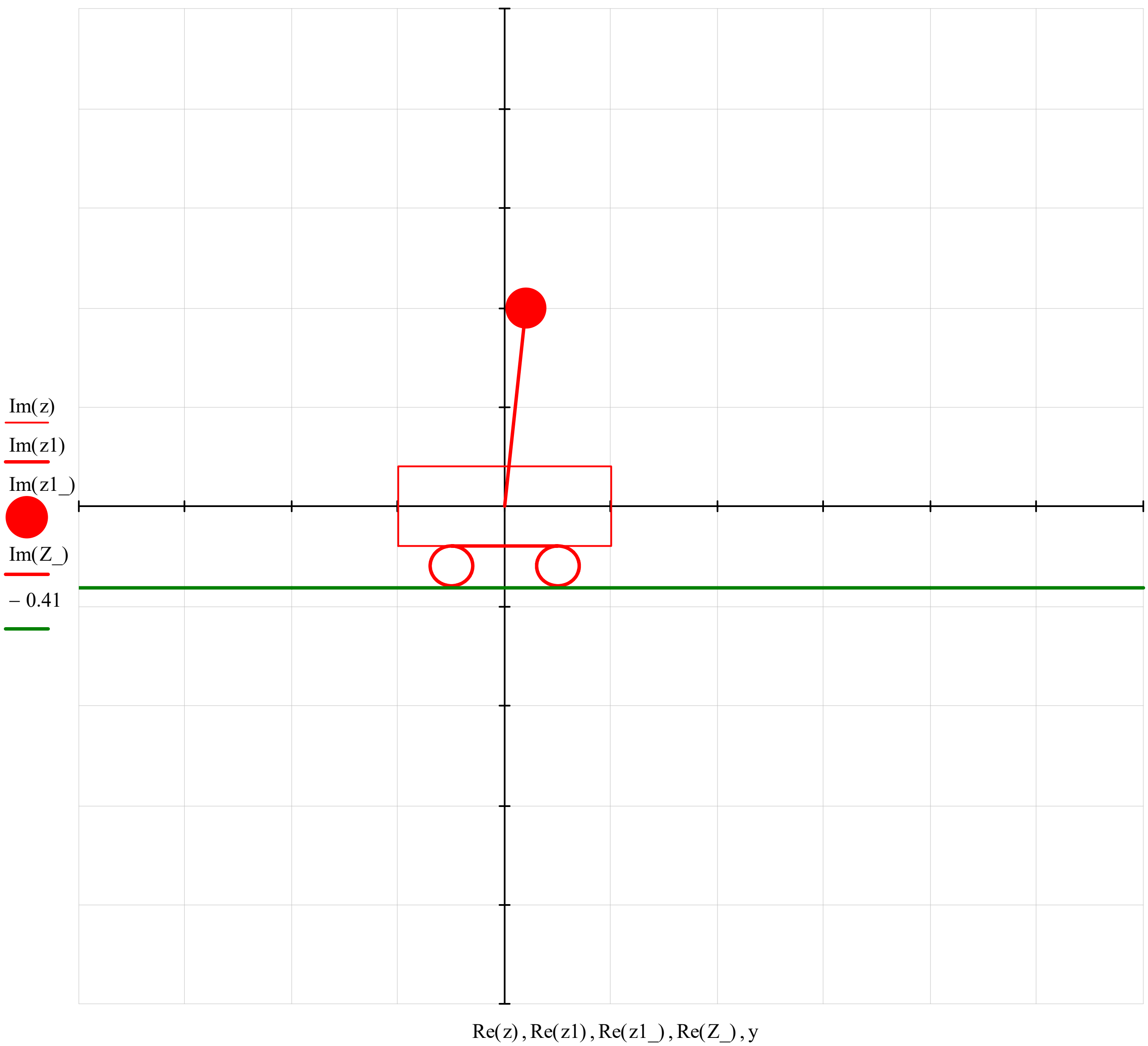
$z1 := \left[\left(x^{\langle 3\rangle}\right)_j \quad z1\_\right]^T \qquad B(t) := b \qquad a1 := \left(x^{\langle 0\rangle}\right)_j$

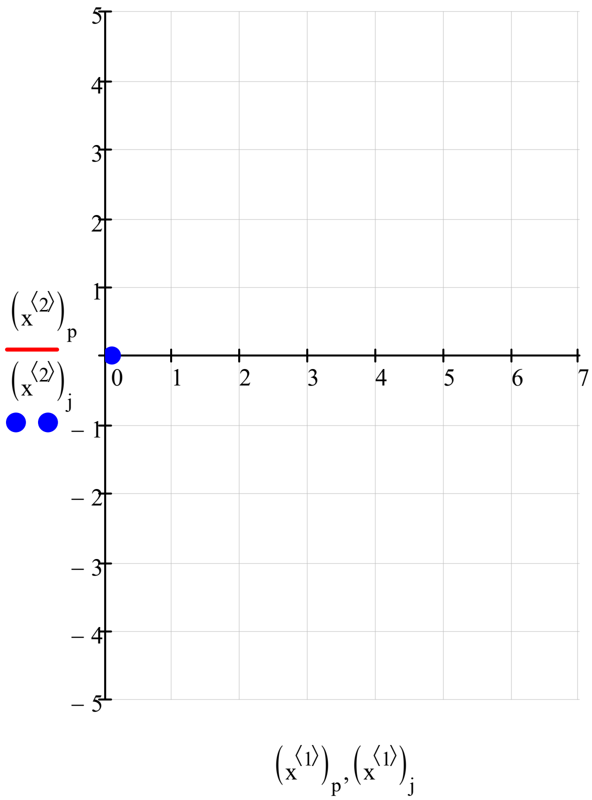
$tt_i := \frac{2\cdot\pi}{N}\cdot i \qquad r := 0.1$ радиус колёсиков

$z\_o := -(b + r)\cdot i + \frac{a}{2} \qquad zo\_ := -(b + r)\cdot i - \frac{a}{2}$

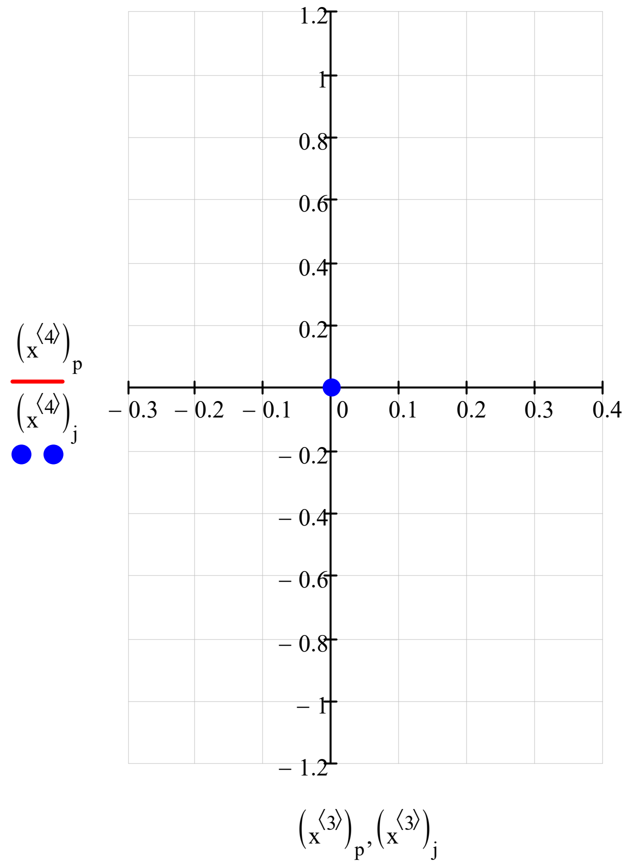
$c_i := r\cdot\sin(tt_i) + r\cdot i\cdot\cos(tt_i)$

$Z\_ := \mathrm{stack}(c + z\_o, c + zo\_) + \left(x^{\langle 3\rangle}\right)_j \qquad y := -2 .. 3 \qquad p := 0 .. j$





5
4
3
2
1
0
−1
−2
−3
−4
−5
0 1 2 3 4 5 6 7
$(x^{\langle 2 \rangle})_p$
$(x^{\langle 2 \rangle})_j$
$(x^{\langle 1 \rangle})_p, (x^{\langle 1 \rangle})_j$



1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1
−1.2
−0.3 −0.2 −0.1 0 0.1 0.2 0.3 0.4
$(x^{\langle 4 \rangle})_p$
$(x^{\langle 4 \rangle})_j$
$(x^{\langle 3 \rangle})_p, (x^{\langle 3 \rangle})_j$