Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
Институт № 8 «Информационные технологии и прикладная математика»

Лабораторная работа №1

по курсу «Теоретическая механика и компьютерное моделирование»

Анимация точки

Выполнил студент группы М8О-207Б-20

Чекменев Вячеслав Алексеевич

Преподаватель: Чекина Евгения Алексеевна

Оценка:

Дата:

Москва, 2021

Вариант № «3»

Задание:

Построить заданную траекторию и анимацию движения точки, а также отобразить стрелки скорости и ускорения.

Закон движения точки:

```
r = 1 + sp.sin(5*t)
```

```
phi = t + 0.3*sp.sin(30*t)
```

Текст программы

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import math
from matplotlib.animation import FuncAnimation
import sympy as sp



def Rot2D(X, Y, Alpha):
    RX = X * np.cos(Alpha) - Y * np.sin(Alpha)
    RY = X * np.sin(Alpha) + Y * np.cos(Alpha)
    return RX, RY



def anima(j):
    P.set_data(X[j], Y[j])
    Vline.set_data([X[j], X[j] + VX[j]], [Y[j], Y[j] + VY[j]])
    Vline2.set_data([X[j], X[j] + WX[j]], [Y[j], Y[j] + WY[j]])
    Vline3.set_data([X_[j], X[j]], [Y_[j], Y[j]])
    Vline4.set_data([X[j], X[j] + (VY[j]) * Ro[j]/((VY[j])**2 +
                    (VX[j])**2)**0.5], [Y[j], Y[j] - (VX[j]) *
                     Ro[j]/((VY[j])**2 + (VX[j])**2)**0.5])
    RArrowX, RArrowY = Rot2D(ArrowX, ArrowY, math.atan2(VY[j], VX[j]))
    VArrow.set_data(RArrowX + X[j] + VX[j], RArrowY + Y[j] + VY[j])
    RArrowWX, RArrowWY = Rot2D(ArrowWX, ArrowWY, math.atan2(WY[j], WX[j]))
    WArrow.set_data(RArrowWX + X[j] + WX[j], RArrowWY + Y[j] + WY[j])
    RArrowRX, RArrowRY = Rot2D(ArrowRX, ArrowRY, math.atan2(Y[j], X[j]))
```

```
    RArrow.set_data(RArrowRX + X[j], RArrowRY + Y[j])
    return P, Vline, VArrow, Vline2, WArrow, Vline3, RArrow, Vline4,

T = np.linspace(1, 15, 1000)
t = sp.Symbol('t')
R_ = 4
Omega = 1

#functions
r = 1 + sp.sin(5*t)
phi = t + 0.3*sp.sin(30*t)
x = r * sp.cos(phi)
y = r * sp.sin(phi)
Vx = sp.diff(x, t)
Wx = sp.diff(Vx, t)
Vy = sp.diff(y, t)
Wy = sp.diff(Vy, t)
W_ =  sp.sqrt(Wx * Wx + Wy * Wy)
W_t = sp.diff(sp.sqrt(Vx**2 + Vy**2),t)
ro = (Vx**2 + Vy**2)/sp.sqrt((Wx * Wx + Wy * Wy) - sp.diff(sp.sqrt(Vx**2 + Vy**2), t)**2)

#filling arrays with zeros
R = np.zeros_like(T)
PHI = np.zeros_like(T)
X = np.zeros_like(T)
Y = np.zeros_like(T)
VX = np.zeros_like(T)
VY = np.zeros_like(T)
WX = np.zeros_like(T)
WY = np.zeros_like(T)
W = np.zeros_like(T)
W_T = np.zeros_like(T)
Ro = np.zeros_like(T)
X_ = [0 for i in range(1000)]
Y_ = [0 for i in range(1000)]

#printing functions
print("Point function of coordinates:")
print(" r(t) =", x)
print(" phi(t) =", x)
print(" x(t) =", x)
```

```
print(" y(t) =", y)
print("Vx(t) =", Vx)
print("Vy(t) =", Vy)
print("Wx(t) =", Wx)
print("Wy(t) =", Wy)
print("W(t) =", W_)
print("W_T(t) =", W_t)
print("Ro(t) =", ro)

#filling arrays
for i in np.arange(len(T)):
    R[i] = sp.Subs(r, t, T[i])
    PHI[i] = sp.Subs(phi, t, T[i])
    X[i] = sp.Subs(x, t, T[i])
    Y[i] = sp.Subs(y, t, T[i])
    VX[i] = sp.Subs(Vx, t, T[i])
    VY[i] = sp.Subs(Vy, t, T[i])
    WX[i] = sp.Subs(Wx, t, T[i])
    WY[i] = sp.Subs(Wy, t, T[i])
    W[i] = sp.Subs(W_, t, T[i])
    W_T[i] = sp.Subs(W_t, t, T[i])
    Ro[i] = sp.Subs(ro, t, T[i])

#drawing
fig = plt.figure()
ax1 = fig.add_subplot(1, 1, 1)
ax1.axis('equal')
ax1.set(xlim=[-R_, R_], ylim=[-R_, R_])
ax1.plot(X, Y)
P, = ax1.plot(X[0], Y[0], 'r', marker='o')
Vline, = ax1.plot([X[0], X[0] + VX[0]], [Y[0], Y[0] + VY[0]], 'r')  # vector of speed
Vline2, = ax1.plot([X[0], X[0] + WX[0]], [Y[0], Y[0] + WY[0]], 'g')  # vector of
acceleration
Vline3, = ax1.plot([X_[0], X[0]], [Y_[0], Y[0]], 'b')  # vector of radius vector
Vline4, = ax1.plot([X[0], X[0] + (VY[0]) * Ro[0]/((VY[0])**2 +
         (VX[0])**2)**0.5], [Y[0], Y[0] - (VX[0]) * Ro[0]/
                                    ((VY[0])**2 + (VX[0])**2)**0.5], 'm')  # vector of
radius of curvature

ArrowX = np.array([-0.1 * R_, 0, -0.1 * R_])  # arrow of speed
ArrowY = np.array([0.05 * R_, 0, -0.05 * R_])
ArrowWX = np.array([-R_, 0, -R_])  # arrow of acceleration
```

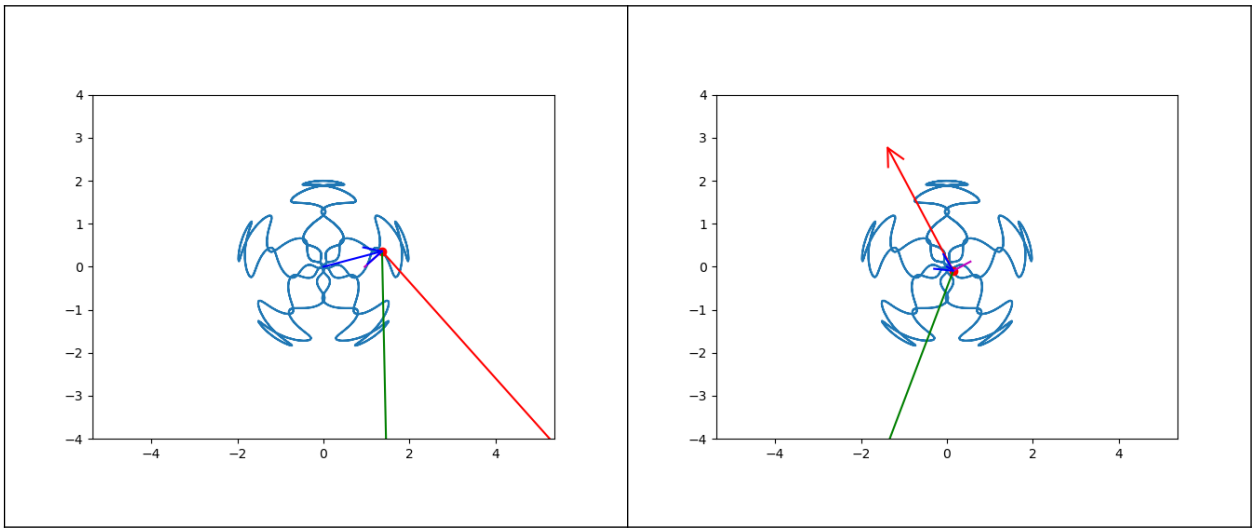
```
ArrowWY = np.array([R_, 0, -R_])
ArrowRX = np.array([-0.1 * R_, 0, -0.1 * R_])  # arrow of radius vector
ArrowRY = np.array([0.05 * R_, 0, -0.05 * R_])

# drawing an arrow at the end of a vector
RArrowX, RArrowY = Rot2D(ArrowX, ArrowY, math.atan2(VY[0], VX[0]))
RArrowWX, RArrowWY = Rot2D(ArrowWX, ArrowWY, math.atan2(WY[0], WX[0]))
RArrowRX, RArrowRY = Rot2D(ArrowRX, ArrowRY, math.atan2(Y[0], X[0]))
VArrow, = ax1.plot(RArrowX + X[0] + VX[0], RArrowY + Y[0] + VY[0], 'r')
WArrow, = ax1.plot(RArrowWX + X[0] + WX[0], RArrowY + Y[0] + WY[0], 'g')
RArrow, = ax1.plot(ArrowRX + X[0], ArrowRY + Y[0], 'b')

anim = FuncAnimation(fig, anima, frames=1000, interval=40, blit=True)

plt.show()
```

Результат работы программы:



Вывод программы:

Функция зависимости радиус вектора точки от времени:

r(t) = (1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости угла вектора точки от времени:

phi(t) = (1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости координаты X точки от времени:

x(t) = (1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости координаты У точки от времени:

y(t) = (1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости скорости точки по координате X от времени:

Vx(t) = -(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 18.0*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости скорости точки по координате У от времени:

Vy(t) = (1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 18.0*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t)

Функция зависимости ускорения точки по координате X от времени:

Wx(t) = (5.76*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2)*(-1.5*sin(12*t) - 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 36.0*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 28.8*(-1.5*sin(12*t) - 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 216.0*sin(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости ускорения точки по координате У от времени:

Wy(t) = -5.76*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 36.0*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 28.8*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 216.0*sin(12*t)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))

Функция зависимости ускорения точки от времени:

W(t) = 216.0*sqrt((0.0266666666666667*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(-1.5*sin(12*t) - 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 0.166666666666667*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 0.133333333333333*(-1.5*sin(12*t) - 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - sin(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))**2 + (-0.0266666666666667*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 0.166666666666667*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 0.133333333333333*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - sin(12*t)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))**2)

Функция зависимости тангенциального ускорения точки от времени:

W_T(t) = 18.0*((-0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))*(2*(5.76*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2)*(-0.0833333333333333*sin(12*t) - 0.0555555555555556)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 4.0*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 57.6*(-0.0833333333333333*sin(12*t) - 0.0555555555555556)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 24*sin(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))/2 + (0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t))*(-2*5.76*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(0.0833333333333333*sin(12*t) + 0.0555555555555556)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 4.0*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 57.6*(0.0833333333333333*sin(12*t) + 0.0555555555555556)*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 24*sin(12*t)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))/2)/sqrt((-0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + cos(12*t)*cos(1.25*t +

0.2*cos(12*t)))**2 + (0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t))**2)

Функция зависимости радиуса кривизны точки от времени:

Ro(t) = 0.00462962962962963*(324.0*(-0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))**2 + 324.0*(0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t))**2)/sqrt(-0.00694444444444444*((-0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))*(2*(5.76*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2)*(-0.0833333333333333*sin(12*t) - 0.0555555555555556)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 4.0*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 57.6*(-0.0833333333333333*sin(12*t) - 0.0555555555555556)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 24*sin(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))/2 + (0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t))*(-2*5.76*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(0.0833333333333333*sin(12*t) + 0.0555555555555556)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 4.0*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 57.6*(0.0833333333333333*sin(12*t) + 0.0555555555555556)*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 24*sin(12*t)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))/2)**2/((-0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))**2 + (0.0555555555555556*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t))**2) + (0.0266666666666667*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(-1.5*sin(12*t) - 1)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 0.166666666666667*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - 0.133333333333333*(-1.5*sin(12*t) - 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t))*cos(12*t) - sin(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))**2 + (-0.0266666666666667*(0.520833333333333 - sin(12*t))**2*(1.5*sin(12*t) + 1)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) + 0.166666666666667*(1.25 - 2.4*sin(12*t))*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - 0.133333333333333*(1.5*sin(12*t) + 1)*cos(12*t)*cos(1.25*t + 0.2*cos(12*t)) - sin(12*t)*sin(1.25*t + 0.2*cos(12*t)))**2)