1 DN3: Matematično nihalo

Avtor: Timotej Šalamon

V nalogi želimo čim bolj natančno modelirati matematično nihalo pri nedušenem nihanju. Kotni odmik Φ(t) (v radianih) nitnega nihala opišemo z diferencialno enačbo

$$\frac{g}{l}sin(\Phi(t)) + \Phi''(t) = 0, \Phi(0) = \Phi_0, \Phi'(0) = \Phi'_0$$

kjer je g = 9.80665 m/s^2 težni pospešek in l dolžina nihala. Enačbo pretvorim iz drugega reda v prevega in ga rešim s pomočjo metode Runge-Kutta 4. reda:

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$
$$k_2 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{k_1}{2})$$
$$k_3 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{k_2}{2})$$
$$k_2 = hf(x_n + h, y_n + k_3)$$
$$y_n + 1 = y_n + (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)/6$$

```
using Domaca03, Plots
```

Določimo dolžino nihala, začetni odmik, začetno kotno hitrost in število podintervalov

```
l = 1.0
theta0 = 0.1
dtheta0 = 0.1
n = 100
thetaRange = 1:0.1:50
```

```
1.0:0.1:50.0
```

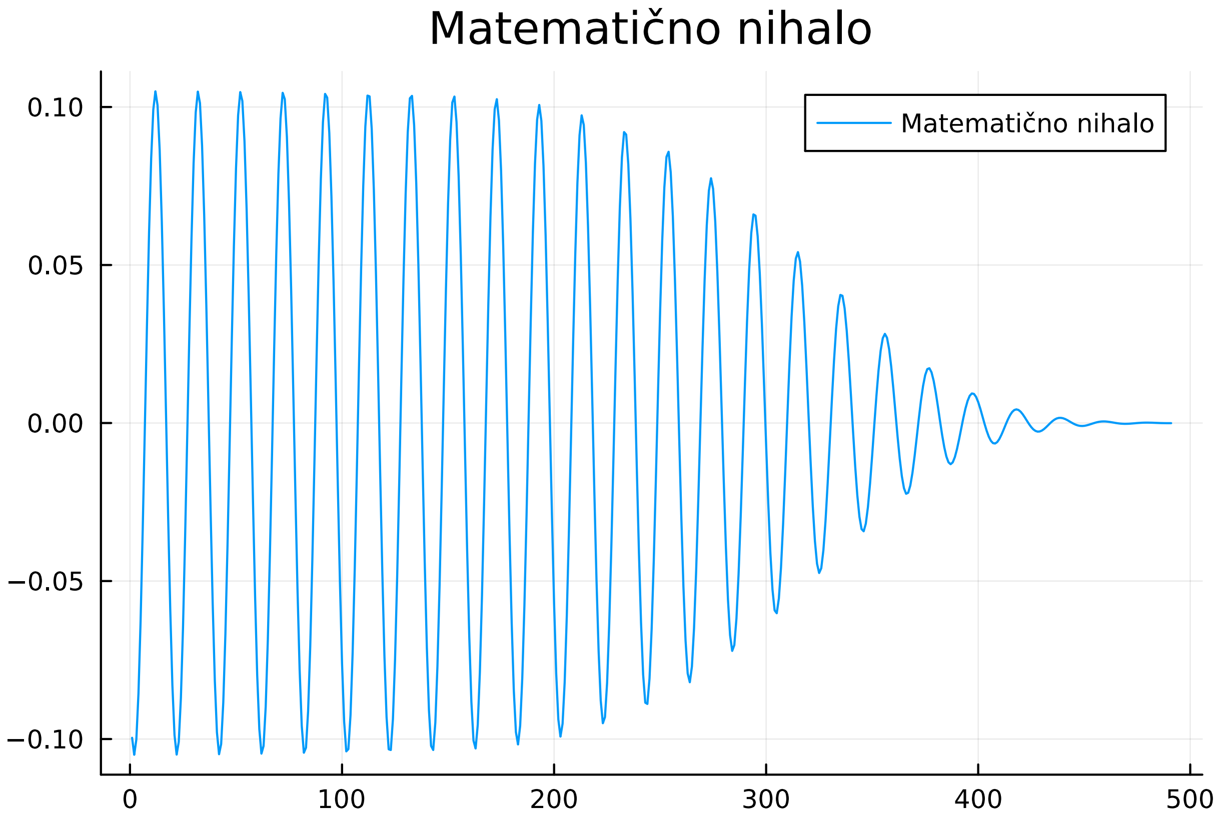
Izačunamo odmik pri $\theta = 1.0$

```
odmik = nihalo(l, thetaRange[1], theta0, dtheta0, n)
```

```
-0.09960296458391135
```

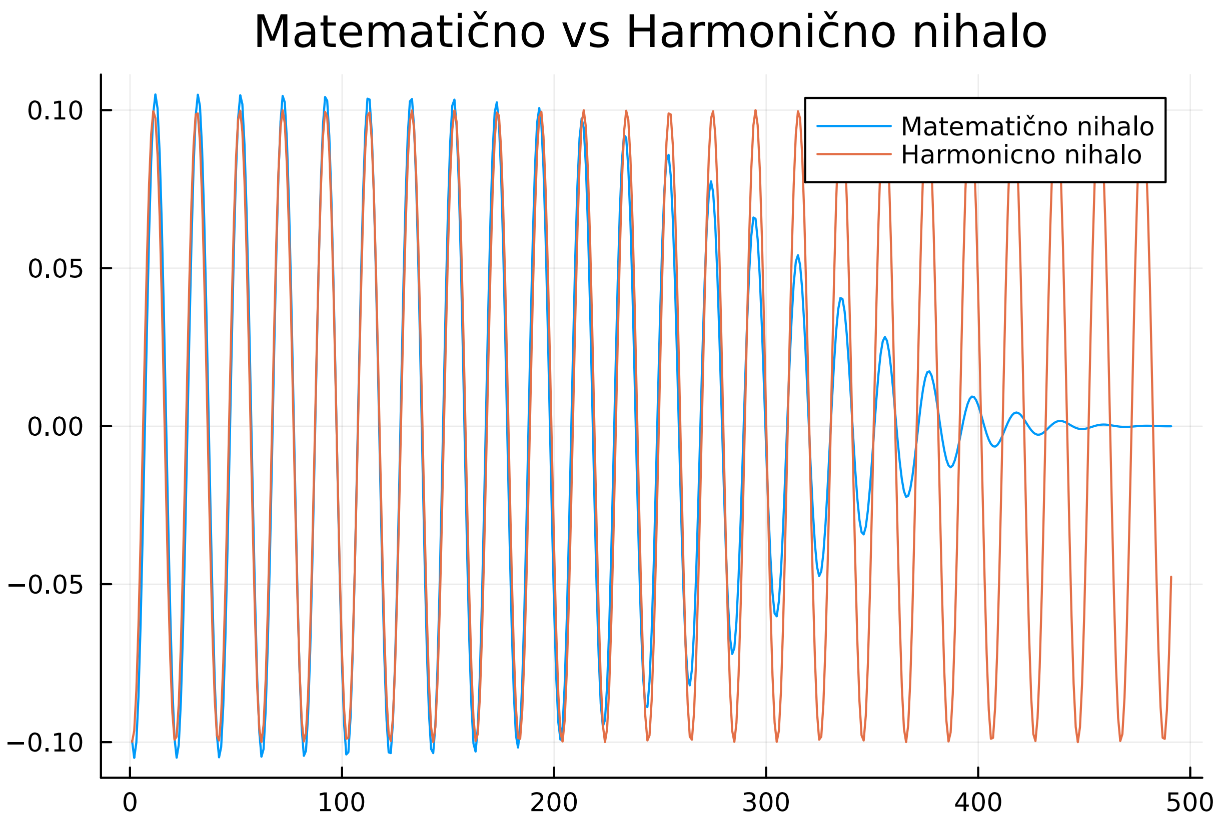
Izrišemo nihanje.

```
plot([nihalo(l, t, theta0, dtheta0, n) for t in thetaRange],
            title="Matematično nihalo", label="Matematično nihalo")
```



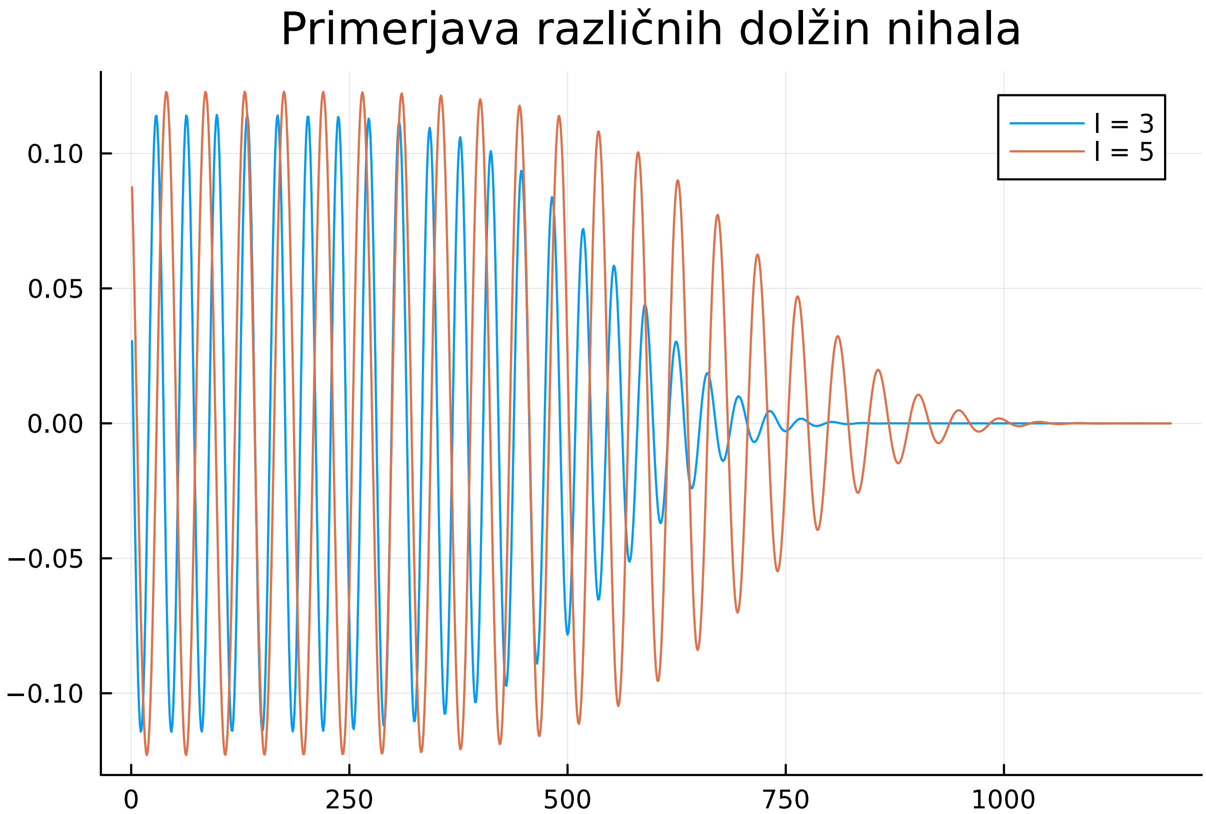
Dobljeno matematično nihalo lahko primerjamo s harmoničnim. Opazimo, da matematično nihalo s časom zaradi izgubljanja energije niha vedno manj.

```
plot!([harmOsc(l, t, theta0, n) for t in thetaRange],
               title="Matematično vs Harmonično nihalo", label="Harmonicno nihalo")
```



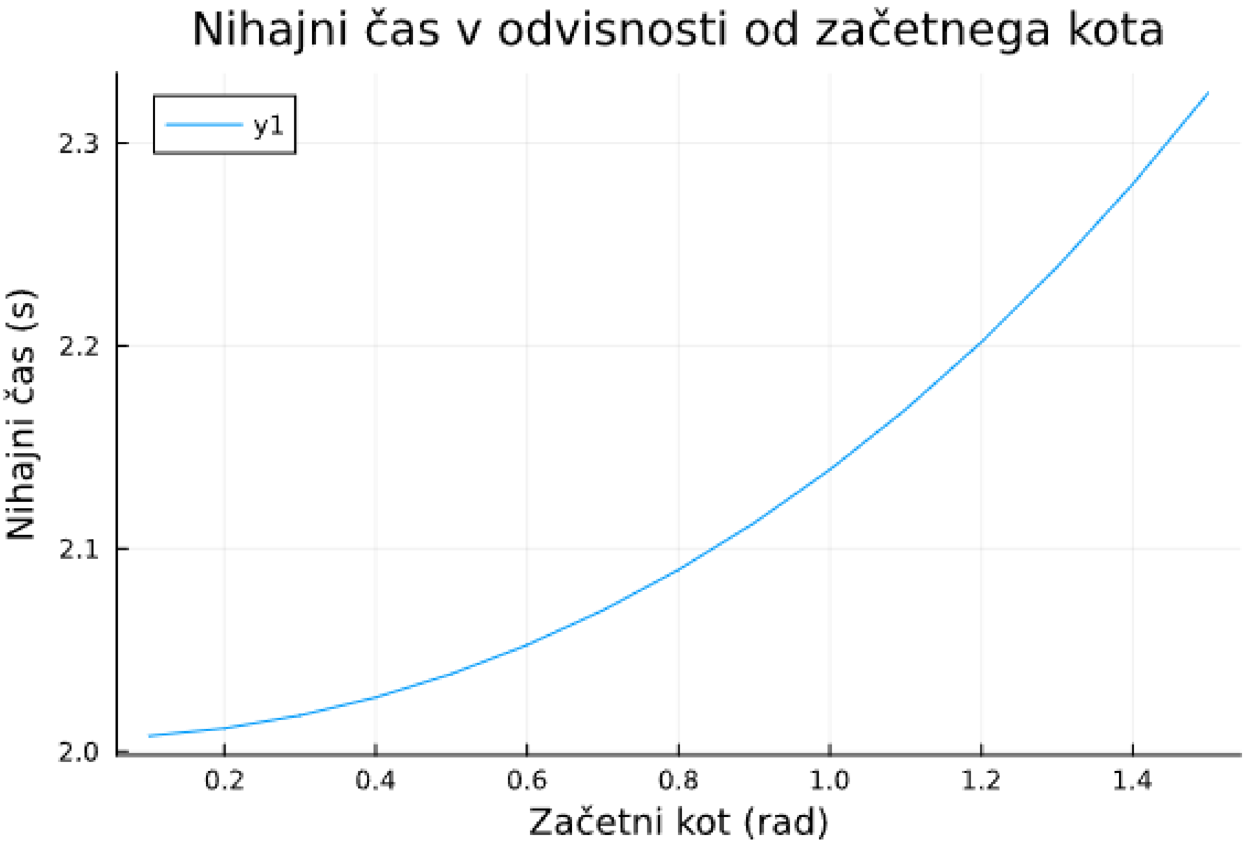
Poglejmo nihanje za različne dolžine nihala

```
thetaRange = 1:0.1:120
plot([nihalo(3, t, theta0, dtheta0, n) for t in thetaRange],
             title="Primerjava različnih dolžin nihala", label="l = 3")
plot!([nihalo(5, t, theta0, dtheta0, n) for t in thetaRange], label="l = 5")
```



Poglejmo še kako je nihajni čas odvisen od začetnega kota.

```
thetaRange = 0.1:0.1:1.5
T = nihajniCas(thetaRange, 1)
plot(thetaRange, T, xlabel="Začetni kot (rad)", ylabel="Nihajni čas (s)",
     title="Nihajni čas v odvisnosti od začetnega kota")
```

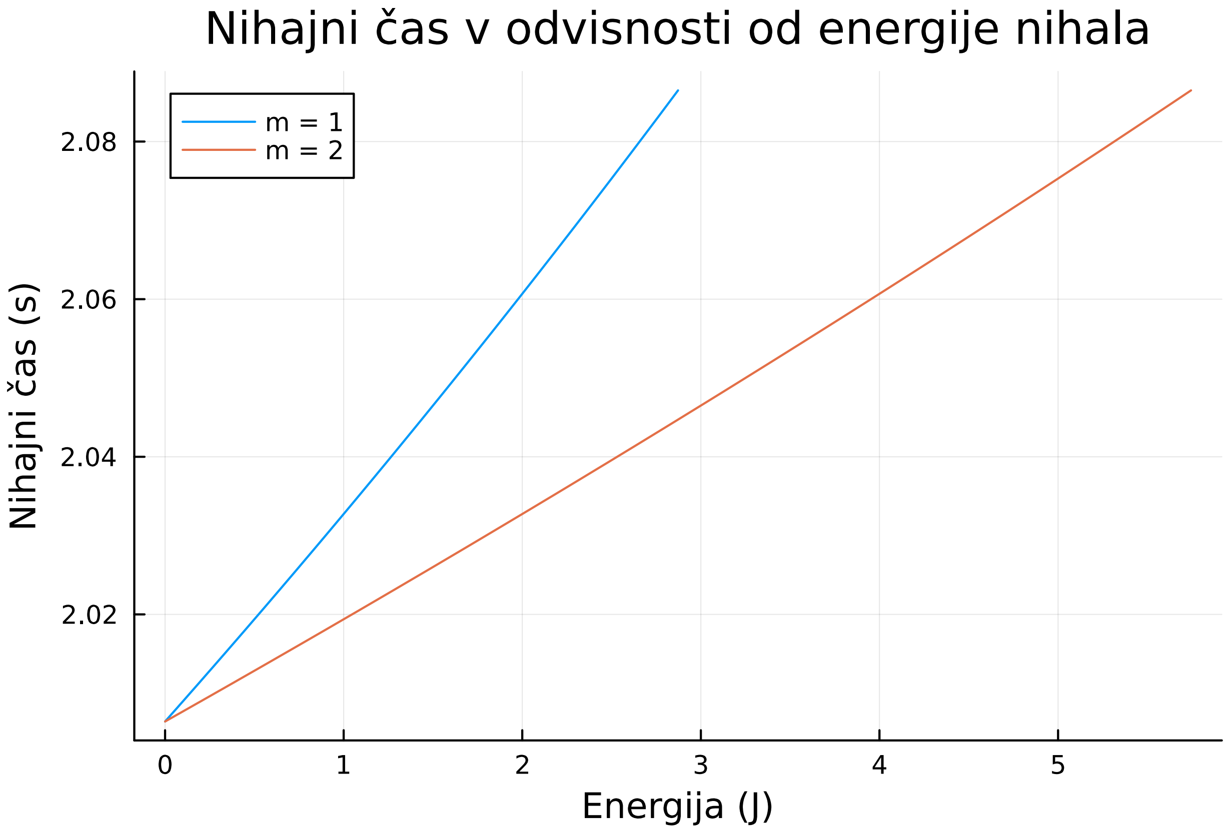


Poglejmo še kako se spreminja nihalni čas z energijo nihala. Primerjamo lahko spremembno nihajnega časa za različne mase nihala.

```
l = 1
function energija(theta0, l, m)
    g = 9.80665
    E = m * g * l * (1 - cos(theta0))
    return E
end

thetaRange = range(0.0, pi/4, 100)
nihajniCasi = nihajniCas(thetaRange, l)
energije = [energija(theta, l, 1) for theta in thetaRange]
plot(energije, nihajniCasi, xlabel="Energija (J)", ylabel="Nihajni čas (s)",
     title="Nihajni čas v odvisnosti od energije nihala", label="m = 1")

energije = [energija(theta, l, 2) for theta in thetaRange]
plot!(energije, nihajniCasi, label="m = 2")
```


Nihajni čas v odvisnosti od energije nihala
m = 1
m = 2
2.08
2.06
2.04
2.02
Nihajni čas (s)
0
1
2
3
4
5
Energija (J)