



# Vindkastet

Diar Sabri & Björn Hansson



# Introduktion

Pelle kastar en boll med utkastvinkel (i vertikalplanet)  $30^\circ$ , hastigheten 25 m/s och höjden 1,4 m. Pelle har fötterna i origo i ett koordinatsystem med horisontella x- och y-axlar, x åt öster, y åt norr (i vindens riktning).

Bollbanan beskrivs med följande differentialekvationer

$$\ddot{x} = -q\dot{x}, \quad \ddot{y} = -q(\dot{y} - a(z)), \quad \ddot{z} = -9.81 - q\dot{z}$$

$$q = c\sqrt{\dot{x}^2 + (\dot{y} - (7 + 35z))^2 + \dot{z}^2}$$

$$a(z) = 7 + 35z \quad \text{Vindstyrka}$$

$$c = 0.070 \quad \text{Luftmotståndskoefficient}$$



# Problem

- Omskrivning av differentialekvationer till ett system av första ordningen
- Beräkning av kastbana och nedslagsplats
- Pelles vinkel vid kastögonblicket för ett nedslag rakt österut (på x-axeln)
- Plottning av bollens studsar med en given dämpningsfaktor
- Bollkast mot toppen av en stolpe

# Omskrivning av differentialekvationer

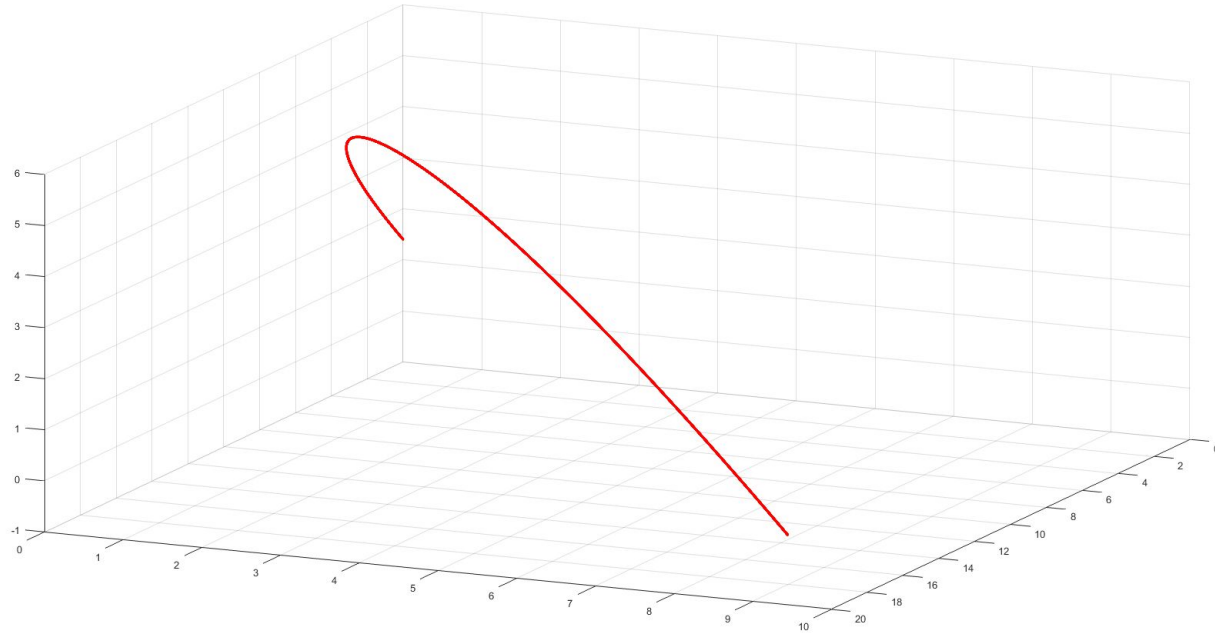
$$u_0 = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \\ z \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 25\cos(\pi/6) \\ 0 \\ 0 \\ 1.4 \\ 25\sin(\pi/6) \end{bmatrix}, \quad f(\vec{u}) = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix}, \quad \dot{u}(t) = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \\ z \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{y} \\ \ddot{y} \\ \dot{z} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ -q(\dot{x}) \\ \dot{y} \\ -q(\dot{y} - a(z)) \\ \dot{z} \\ -9.81 - q\dot{z} \end{bmatrix}$$



# Beräkning av bollens kastbana och nedslag

- Runge Kutta 4
- Nedslagsplats cirka  $[x, y, z] = [18.1230, 9.0172, -0.0004]$

# Plottning av kastbana och nedslagsplats

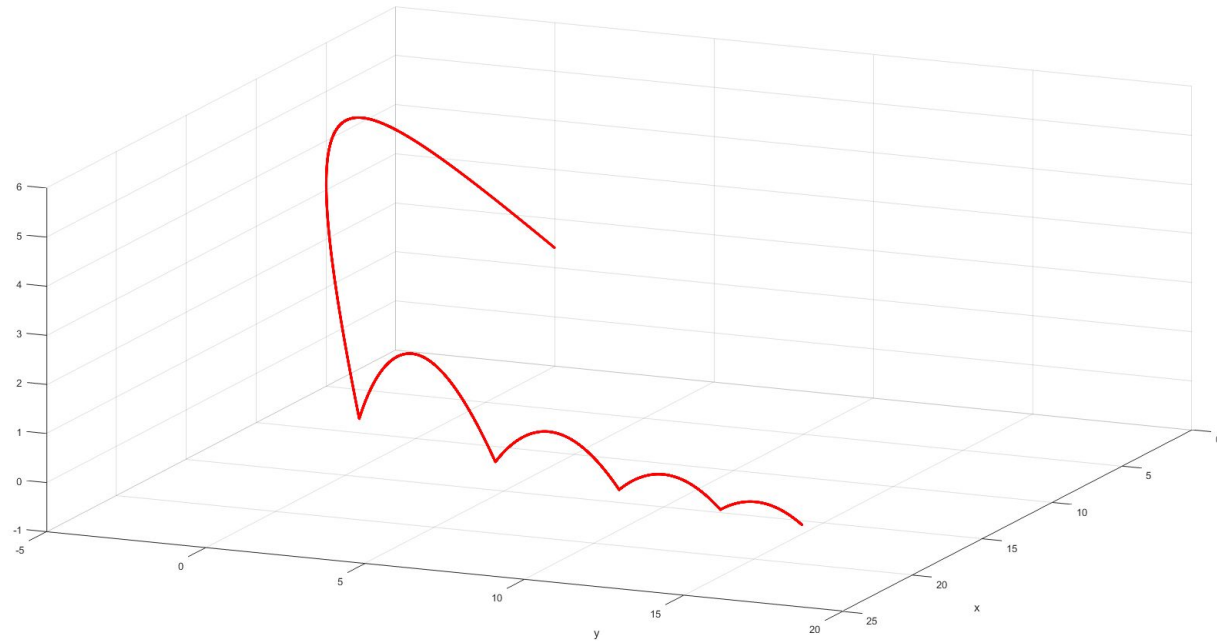




# Beräkning av vinkel för nedslag rakt österut

- Newtons metod kombinerat med RK4
  - Startgissning 60 grader.
- 
- Resultat: Ungefär cirka -33 grader i horisontalplanet

# Plottning av de fem första studsarna







# Utvidgning, bollkast mot toppen av stolpe

- RK4 för att beräkna då  $x=6$ , stolpens position på x-axel
  - Newtons metod (i flera variabler) för att interpolera till rätt y- och z-koordinater
  - Approximerad jacobian m.h.a framåtdifferens.
  - Startvinklar: 15 respektive 60 grader
- 
- Resultat: 31 grader i horisontalplanet, 8 grader i vertikalplanet

# Plottning av kastbana mot stolpe

