

## Física numérica

### Tarea #8

#### La última y nos vamos...

*Instrucciones: Las soluciones a los ejercicios deberán ser acompañadas del código utilizado.*

**Lanzamiento de martillo.** El record mundial para hombres en lanzamiento de martillo es de  $86.74\text{ m}$  por Yuri Sedykh y se ha mantenido desde 1986. El martillo pesa  $7.26\text{ kg}$ , es esférico, y tiene un radio de  $R = 6\text{ cm}$ . La fricción en el martillo puede ser considerada proporcional al cuadrado de la velocidad del martillo relativa al aire:

$$F_D = \frac{1}{2}\rho AC_D v^2,$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire ( $1.2\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) y  $A = \pi R^2$  es la sección transversal del martillo. El martillo puede experimentar, en principio, un *flujo laminar* con coeficiente de rozamiento  $C_D = 0.5$  o un *flujo inestable oscilante* con  $C_D = 0.75$ .

1. Resuelva la ecuación de movimiento para el lanzamiento oblicuo de martillo. Deberá transformar las EDOs para los movimientos en  $x$  y  $y$  en un sistema de cuatro ecuaciones de primer orden. Considere lanzamientos desde una posición inicial  $x_0 = 0$  y  $y_0 = 2\text{ m}$ , para un ángulo ideal  $\phi = 45^\circ$  y encuentre la velocidad que produce la distancia del lanzamiento del record mundial.
2. Calcule y grafique la dependencia en el tiempo de la altitud del martillo y su trayectoria  $y = y(x)$  en los tres regímenes:
  - (a) Sin fricción
  - (b) Flujo laminar
  - (c) Flujo inestable oscilante
3. En el inciso anterior, estime la cantidad en que es influenciada la distancia del lanzamiento por la fricción.