

Notas:

- (a) Espera-se um projeto original
- (b) Será valorizada a clareza do código, incluindo os comentários
- (c) Será valorizado código reutilizável (funções, estrutura modular)
- (d) Será valorizada a clareza das anotações, incluindo formatos, nas figuras
- (e) Serão valorizados extras interessantes (gráficos adicionais, diagnósticos, etc)
- (f) Muita atenção às unidades
- (g) Alguns dos parâmetros do projeto variam de grupo para grupo.
- (h) O projeto deve dar origem a uma apresentação com 11 slides: 1 slide de identificação; 5 slides a serem apresentados por cada membro do grupo.

Projeto *Error! No text of specified style in document.*

Um projétil esférico é lançado a partir do ponto (x_0, y_0, z_0) com a velocidade inicial (u_0, v_0, w_0) num ponto à latitude ϕ , movendo-se através do ar até atingir a superfície ($z = 0$). No seu movimento através do ar o projétil é afetado pela viscosidade sendo acelerado com aceleração de módulo proporcional ao quadrado da velocidade e na direção oposta à sua velocidade. Nestas condições as equações do movimento podem escrever-se:

$$\frac{du}{dt} = -fv + f'w - Du$$

$$\frac{dv}{dt} = fu - Dv$$

$$\frac{dw}{dt} = -g - f'u - Dw$$

Com

$$\frac{dx}{dt} = u, \frac{dy}{dt} = v, \frac{dz}{dt} = w$$

$$D = \frac{c_D A \rho_F \frac{1}{2} |\vec{v}|}{\rho_R V}$$

$$f = 2\Omega \sin \phi$$

$$f' = 2\Omega \cos \phi$$

Onde c_D é um coeficiente empírico (depende da forma do projétil), ρ_F é a densidade do fluido, ρ_R é a densidade do projétil de raio R , A é a área do projétil ($A = \pi R^2$).

Considere os seguintes parâmetros:

Constantes:

$$\Omega = 7.292 \times 10^{-5} s^{-1}, g = 9.8065 m s^{-2}, x_0 = y_0 = z_0 = 0, \rho_F = 1.2 kg m^{-3}$$

Parâmetros com valores múltiplos a utilizar por todos os grupos

$$c_D = [0, 0.47], u_0 = [0, 200, 1000] m s^{-1}, v_0 = [0, 200] m s^{-1}, w_0 = [1000] m s^{-1}, \rho_R = 7.4 \times 10^3 kg m^{-3}$$

Parâmetros variáveis

Grupo	ϕ	R
1	38N	0.1
2	50N	0.5
3	30S	0.1
4	90S	0.5
5	0N	0.1
6	90N	0.5
7	45S	0.1
8	20N	0.5
9	10S	0.1

Escreva um script PYTHON que:

- Calcule o tempo de voo até voltar a $z = 0$, para o caso $c_D = 0, f = f' = 0$. Utilize esse tempo nos cálculos seguintes;
- Ainda no caso $c_D = 0$ (Sem resistência do ar), calcule a trajetória do projétil para as 6 combinações das velocidades iniciais, utilizando um método do ponto médio, com 3 valores de $\Delta t = [0.1, 1, 10]s$.
- Represente as trajetórias em 3D, com anotações convenientes (Figura 1)
- Represente graficamente a evolução da energia mecânica. Calcule o erro relativo máximo. (Figura 2)
- Repita os passos anteriores com resistência do ar. (Figura 3)
- No caso $[u_0, v_0] = [0, 0]$, calcule a velocidade terminal resolvendo a equação vertical no limite $\frac{dw}{dt} = 0$. Nesse mesmo caso represente a evolução da solução numérica $w(t)$, verificando graficamente se ela converge para o valor determinado. (Figura 4)