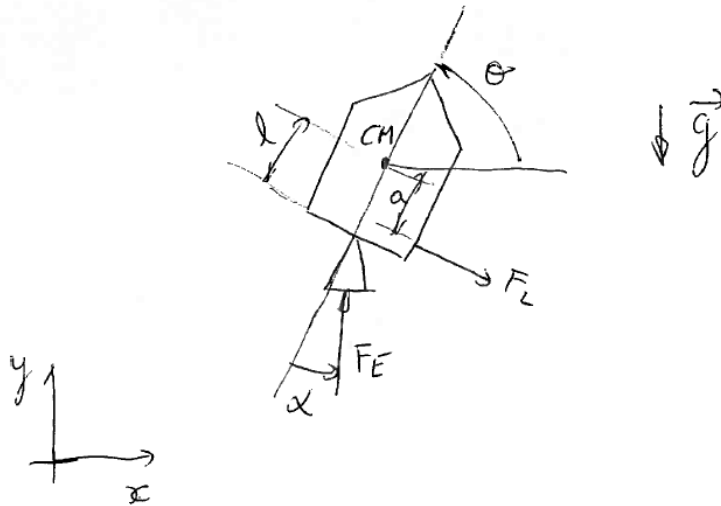


Módulo lunar (Apollo) - 3EL



→ Variaáveis

Estados → $\left\{ \begin{array}{l} \theta = \text{posição angular do módulo (rad)} \\ \omega = \text{velocidade angular do módulo (rad/s)} \\ v_x = \text{velocidade linear na horizontal (m/s)} \\ v_y = \text{velocidade linear na vertical (m/s)} \\ m = \text{massa do módulo (kg)} \end{array} \right.$

Entradas → $\left\{ \begin{array}{l} F_E = \text{força de empuxo (N)} \\ \alpha = \text{ângulo do bocal do foguete (rad)} \\ F_L = \text{força de jato lateral (N)} \end{array} \right.$

Saídas → $\left\{ v_x, v_y, \theta \right.$

→ Equações dinâmicas

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\Theta} = \omega \\ J\dot{\omega} = -l \sin \alpha F_E + l F_L \\ m\ddot{x} = F_E \cos(\alpha + \Theta) + F_L \sin \Theta \\ m\ddot{y} = F_E \sin(\alpha + \Theta) - mg - F_L \cos \Theta \\ \dot{m} = -C(|F_E| + |F_L|) \end{array} \right.$$

→ Parâmetros

g = aceleração de gravidade na lua = $1,6 \text{ m/s}^2$

m = massa inicial do módulo = 700 kg
(tanque de combustível cheio)

J = momento de inércia do módulo = 150 kg/m^2

l = distância do CM ao bocal foguete = $1,5 \text{ m}$

a = distância do CM ao jato lateral = $1,0 \text{ m}$

C = $0,002 \text{ kg/(N.s)}$