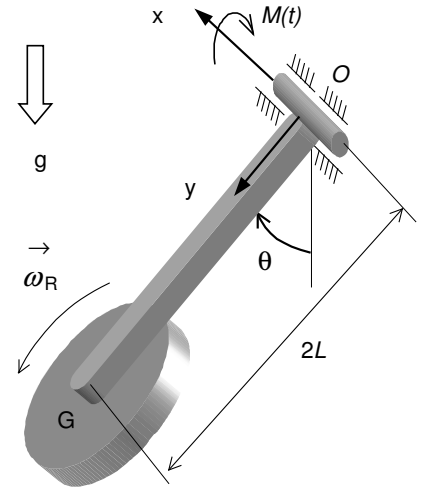




**EXERCÍCIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL  
EMSC nº 1 - MECÂNICA B – PME 2200 - 2014**

Um avião decola com velocidade  $V = 250$  km/h e está em translação retilínea com velocidade constante. A roda do trem de pouso permanece em movimento com velocidade angular constante  $\vec{\omega}_r = \omega_r \vec{k} = \dot{\phi} \vec{k}$  relativamente à barra  $OG$  com módulo  $|\omega_r| = V/R$  conforme mostrado na figura. O trem de pouso é recolhido após 5 segundos, com velocidade angular de arrastamento  $\vec{\omega}_B = \omega_B \vec{i} = \dot{\theta} \vec{i}$ , acionado por um motor de torque  $\vec{M}(t) = M(t) \vec{i}$ . O eixo do trem de pouso está lubrificado com graxa de forma a produzir um torque viscoso do tipo  $T_V(t) = -c\dot{\theta}(t)$  na direção  $Ox$ . Deduza as equações dinâmicas de movimento do trem de pouso em função das coordenadas  $\theta$  e  $\phi$ , conforme mostrado na figura. Considere a roda como um disco delgado de raio  $R$ , massa  $mr$  e momentos de inércia  $J_{Gx} = J_{Gy} = J$ ,  $J_{Gz} = 2J$ . A barra  $OG$  tem massa  $mb$  e comprimento  $2L$ .



**1ª Análise**

- Implemente a integração numérica das equações dinâmicas no programa Scilab.
- Simule o recolhimento do trem de pouso;
- Faça um gráfico da história temporal da posição angular  $\theta(t)$  da barra;
- Faça um gráfico da história temporal da velocidade angular  $\dot{\theta}(t)$  da barra;
- Faça um gráfico da posição angular  $\theta(t) \times$  velocidade angular  $\dot{\theta}(t)$ ;
- Faça um gráfico da história temporal da componente na direção  $\vec{j}$  do momento que a barra faz na articulação  $O$ .
- Interprete e analise os movimentos.

Dados do sistema:  $mr = 10$  kg;  $mb = 50$  kg;  $R = 0,3$  metros;  $2L = 1,60$  metros;  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>;  $c = 200$  Nms;  $J = mr R^2/4$ ;  $M(t) = Mo \cdot (\pi/2 - \theta(t)) + D$ ;  $Mo = 400$  Nm;  $D = 549,36$  Nm;

Dicas: simule o movimento durante 15 segundos. Você pode utilizar a técnica de diagrama de bloco (*Xcos* do *Scilab*) ou linha de comando (*Scilab*) utilizando o espaço de estados  $y = [\theta \ \phi \ \dot{\theta} \ \dot{\phi}]^T$ ;



### 2ª Análise

- h) Faça o gráfico do momento  $M(t)$  da resposta do motor em função da posição angular  $\theta$ .
- i) Selecione outro motor, ou seja, determine o novo valor de  $M_0$ , de forma que durante o acionamento, a posição angular máxima da barra não passe de  $100^\circ$ .
- j) Faça gráficos das histórias temporais da posição e velocidade angular da barra.

### 3ª Análise

- k) Suponha que o freio da roda seja acionado no instante  $t = 0$  de maneira a produzir uma desaceleração angular  $\dot{\omega}_R = \omega_R \vec{k}$  segundo  $\dot{\omega}_R = -q\dot{\phi} \text{ s}^{-2}$  onde  $q = 0,5 \text{ s}^{-1}$ ;
- l) Implemente esta modificação no modelo;
- m) Simule novamente o recolhimento do trem de pouso utilizando os parâmetros da primeira análise;
- n) Faça gráficos das histórias temporais da posição e velocidade angular da barra;
- o) Faça um gráfico da história temporal da velocidade angular da roda;
- p) Faça um gráfico da história temporal da componente na direção  $\vec{j}$  do momento que a barra faz na articulação  $O$ .
- q) Descreva e analise os benefícios obtidos.

### 4ª Análise

- r) Suponha que o motor do trem de pouso apresente uma falha elétrica entre os instantes  $t_1 = 5,3$  e  $t_2 = 6,0$  segundos (ou seja, durante 0,7 segundos) retomando, então, o acionamento.
- s) Implemente esta modificação no modelo e simule novamente utilizando os parâmetros da primeira análise;
- t) Faça gráficos das histórias temporais da posição e velocidade angular da barra;
- u) Faça um gráfico da posição angular  $\theta(t) \times$  velocidade angular  $\dot{\theta}(t)$ ;
- v) Descreva e analise os efeitos da falha.
- w) Determine a duração máxima que pode ter a falha elétrica de forma que o limite de retorno da barra seja ainda positivo,  $\theta > 0$  (ou seja, antes de encostar no batente).

Obs.: o modelo aqui proposto é simplificado com propósitos didáticos. Um esquema de um trem de pouso real pode ser apreciado na figura ao lado obtida do site:

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Landing\\_gear\\_schematic.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Landing_gear_schematic.svg)  
(consultado em 10/04/2014)

