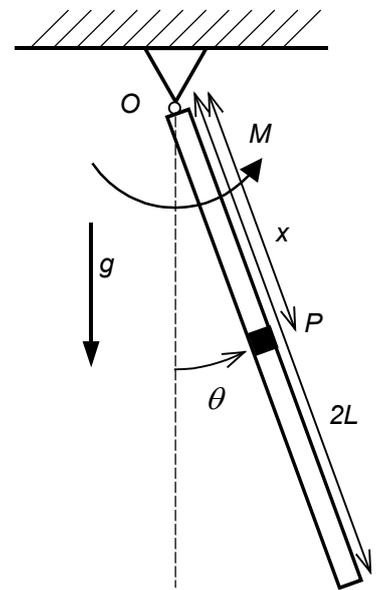




EXERCÍCIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL
MECÂNICA B – PME 3200
EMSC #1 - 13 de Março de 2018

O sistema pendular mostrado na figura ao lado é formado por tubo e uma partícula P de massa m no seu interior. O tubo tem massa m e comprimento $2L$ e está articulado no anel O com movimento confinado no plano Oxy . São conhecidos o comprimento $L = 0.213$ metros, $m = 0.1$ kg e $|\vec{g}| = 9.81$ m/s².



1ª Etapa:

- Elabore um modelo físico representativo do sistema considerando que a partícula P tem posição $x = L$;
- Escreva a equação diferencial do movimento do sistema;
- Linearize a equação e determine a frequência natural de oscilação ω_n ;
- Implemente a solução numérica da equação diferencial do item b) expressa em espaço de estados no ambiente computacional (*SCILAB*) utilizando a rotina de integração numérica *ODE*. Simule o movimento durante 5 segundos para as seguintes condições iniciais em $t = 0$: $\theta(0) = \pi/180$ rad; $\dot{\theta}(0) = 0$ rad/s;
- Avalie o comportamento dinâmico do movimento utilizando gráficos temporais do movimento angular em $\theta(t)$ e $\dot{\theta}(t)$ e compare a frequência natural calculada no item c) com os resultados temporais do movimento simulado.
- Refaça a simulação durante 10 segundos para $\theta(0) = \pi - 0.1$; $\dot{\theta}(0) = 0$. Interprete os resultados e comente a mudança de comportamento. Justifique. Qual a nova frequência de oscilação?



- g) Calcule a energia cinética e a energia potencial e para as condições do item f) faça um gráfico da energia mecânica total. Verifique se houve conservação?
- h) Considere agora que na articulação em O há dissipação angular viscosa do tipo $\vec{M}_O^{visc} = -c_\theta \dot{\theta} \vec{k}$. Considerando $c_\theta = 0.002$ Nms/rad repita a simulação do item f) durante 30 segundos. Elabore também um gráfico de $\theta(t)$ em função de $\dot{\theta}(t)$ (gráfico de espaço de fase). Descreva o tipo de trajetória obtida.
- i) Repita a simulação do item anterior para as seguintes condições iniciais: $\theta(0) = \pi - 0.1$ rad e $\dot{\theta}(0) = 5.0$ rad/s. Descreva a trajetória obtida.
- j) Considere agora que o pêndulo amortecido é excitado por um momento externo periódico do tipo $\vec{M}^{ext} = M_o \sin(\omega_m t + \varphi) \vec{k}$. Simule os movimento por 30 segundos para a seguinte condição inicial: $\theta(0) = \pi/180$ e $\dot{\theta}(0) = 0.0$. Considere que o momento externo inicia a sua ação a partir do instante $t = 5$ s com magnitude $M_o = 0.002$ Nm, frequência $\omega_m = 0.1 \omega_n$, fase $\varphi = 0$ e $\vec{M}_O^{visc} = -c_\theta \dot{\theta} \vec{k}$ com $c_\theta = 0.01$ Nms/rad. Descreva a amplitude e frequência da oscilação do pêndulo.
- k) Repita a simulação anterior para frequência de excitação de $\omega_m = \omega_n$. Interprete os resultados e comente a mudança de comportamento.