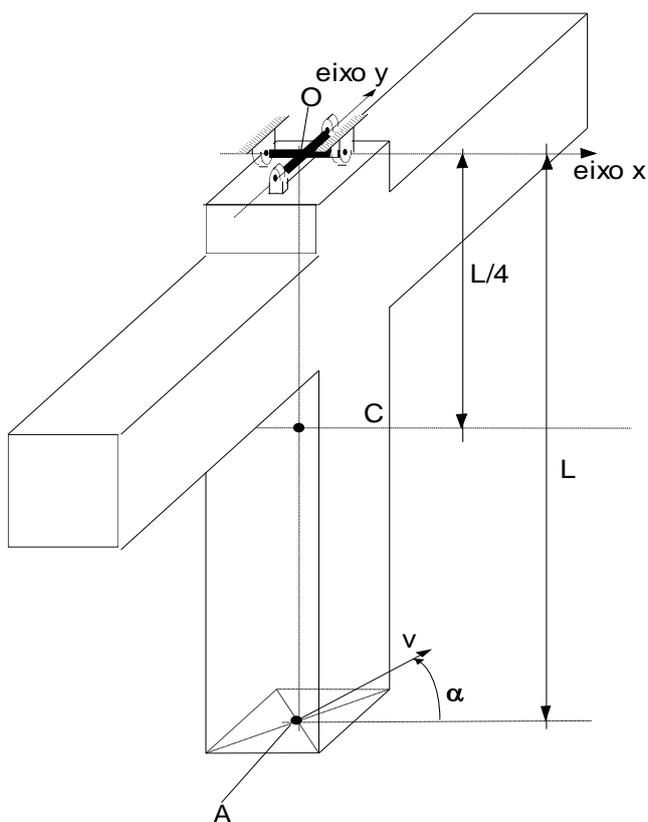


1ª Questão – Um sólido em forma de cruz, com altura  $L$ , massa  $m$  e momentos de inércia  $J_{ox} = m.L^2/3$  e  $J_{oy} = m.L^2/9$  está articulado em sua extremidade  $O$  por meio de uma junta Cardan que possibilita inclinações do sólido em qualquer direção.

Sabendo-se que a junta Cardan apresenta o mesmo momento de atrito seco  $Mat$  em torno dos dois eixos da cruzeta e que o centro de massa  $C$  do sólido dista  $L/4$  de  $O$ , pede-se:

- Deduzir as equações diferenciais do movimento do ponto  $A$  na extremidade inferior do sólido, supondo-se pequenas amplitudes de oscilação;
- Sendo  $Mat$  desprezível, calcular as freqüências naturais e os modos principais de vibrar do ponto  $A$  do sólido;
- Supondo  $Mat$  desprezível e que no instante  $t = 0$  o ponto  $A$  está na posição de equilíbrio e apresenta uma velocidade  $v$  horizontal na direção indicada na figura, determinar a projeção da trajetória do ponto  $A$  no plano horizontal.

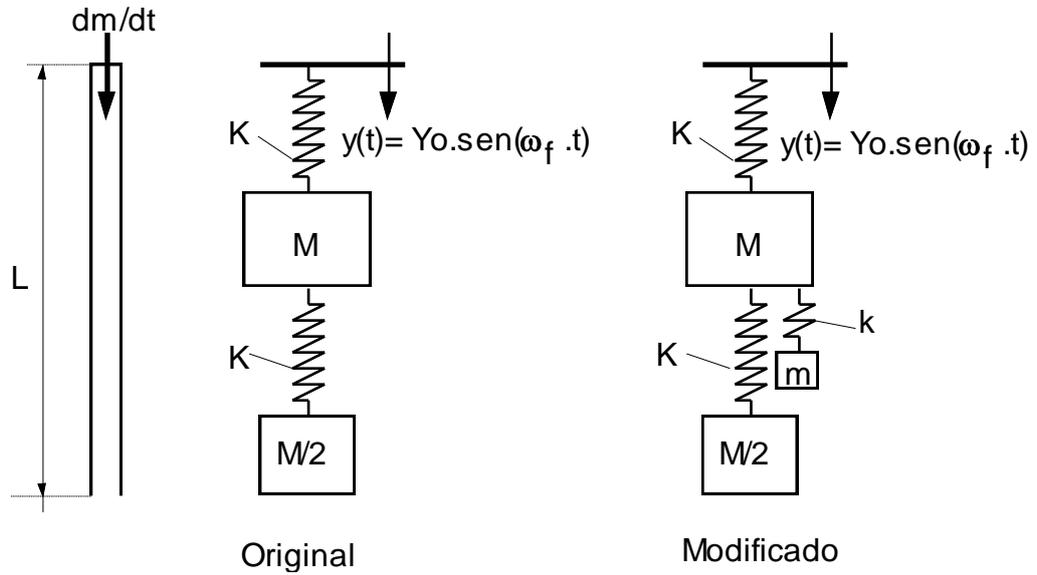


2ª Questão – O modelo dinâmico de parâmetros concentrados indicado na figura pretende representar a formação de ondas acústicas em um cano de escapamento de motor de combustão interna, o qual é submetido em uma de suas extremidades à introdução forçada dos gases que saem dos cilindros do motor e tem a outra extremidade livre para a atmosfera. Os valores de  $K$  e  $M$  estão relacionados com o módulo de compressibilidade e massa específica dos gases, e  $\omega_f$  à freqüência angular de explosão do motor. Pede-se:

- Determinar as equações diferenciais dos movimentos das massas  $M$  e  $M/2$  do modelo original;
- Calcular as freqüências naturais e os modos de vibrar do modelo original;
- Calcular as amplitudes de vibração das massas  $M$  e  $M/2$  em regime permanente para  $\omega_f^2 = 4.K/M$ .

Com o objetivo de reduzir a formação de ruído na freqüência de explosão, modificou-se o modelo original, adicionando-se o absorvedor dinâmico de massa  $m$  e rigidez  $k$  indicado na figura. Para este novo modelo, pede-se:

- Sendo  $\omega_f^2 = 4.K/M$ , qual a relação entre  $k$  e  $m$  que minimiza as oscilações das massas  $M$  e  $M/2$ , e sendo  $k = K/5$ , qual a amplitude do movimento de  $m$  ?
- Se o mesmo absorvedor fosse adicionado à massa  $M/2$  ao invés de a  $M$ , ele teria o mesmo efeito no sistema? Por que?



3ª Questão – O modelo da figura representa um veículo que trafega em uma estrada plana e horizontal com velocidade  $v$ , sendo  $M_1$  e  $M_2$  as massas do cavalo e carreta respectivamente e  $K$  a rigidez do engate entre eles. Subitamente, o cavalo freia instantaneamente bloqueando as rodas, enquanto o freio da carreta falha e não atua. Sabendo-se que o coeficiente de atrito entre os pneus e a pista é  $\mu=1$  e supondo-se que não ocorre desalinhamento entre cavalo e carreta e que as suspensões não se deformam, pede-se:

- Determinar as equações diferenciais dos movimentos horizontais das massas  $M_1$  e  $M_2$  durante a frenagem;
- Calcular as frequências naturais e os modos de vibrar do sistema;
- Desenvolver uma expressão para a força dinâmica que atua no engate durante a frenagem, calculando seu valor máximo.

