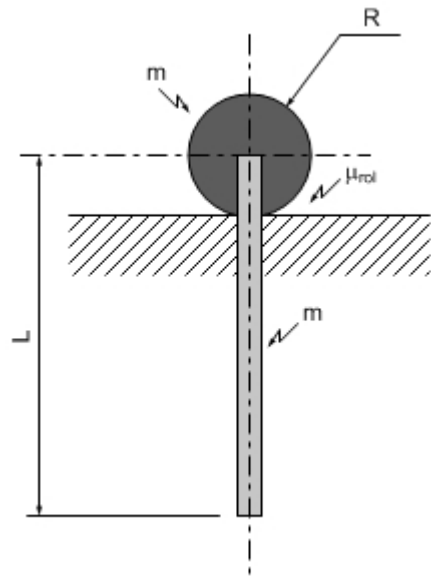


Questão 1

Um pêndulo formado por uma barra uniforme de massa m e comprimento L , fixada em um cilindro homogêneo de massa m e raio R a partir do centro deste, é posto a oscilar com o cilindro rolando sem escorregar sobre um plano horizontal. Sendo dados: $L = 6R$; $R = 50 \text{ mm}$; momento de inércia do cilindro em relação ao seu eixo $J_{cc} = m \cdot R^2/2$; momento de inércia da barra em relação a um eixo por sua extremidade $J_{cb} = m \cdot L^2/3$; coeficiente de resistência ao rolamento do cilindro sobre o plano $\mu_{rol} = 0,002$; aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, pede-se:

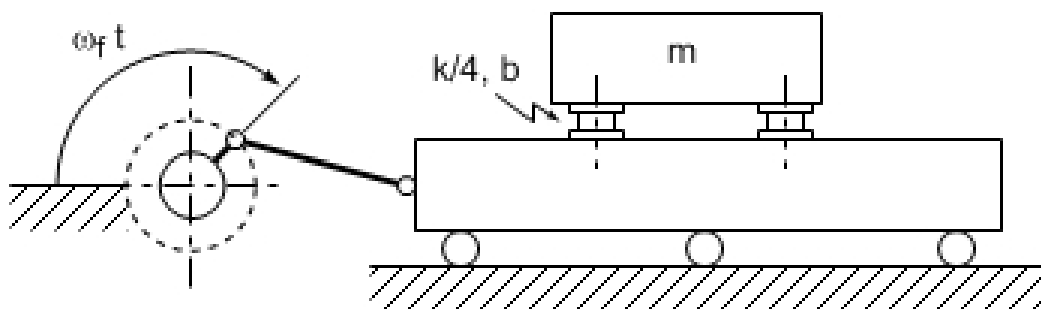
- A equação diferencial do movimento do pêndulo para pequenas amplitudes de oscilação.
- Se o pêndulo foi inicialmente inclinado a um ângulo $\alpha_0 = 10^\circ$ e solto para oscilar, calcular a evolução de seu movimento no tempo.
- Calcular o tempo total decorrido desde o instante em que o pêndulo foi solto até sua completa parada.



Questão 2

Uma mesa vibratória horizontal, acionada por um sistema biela-manivela cuja rotação pode ser ajustada entre 900 e 5000 r.p.m., é utilizada para realizar ensaios de durabilidade de equipamentos eletrônicos conforme indicado na figura. Sabendo-se que o equipamento fabricado por sua empresa, de massa $m = 1 \text{ kg}$, não resiste aceleração lateral maior que 5 m/s^2 em qualquer freqüência acima de 15 Hz , pede-se:

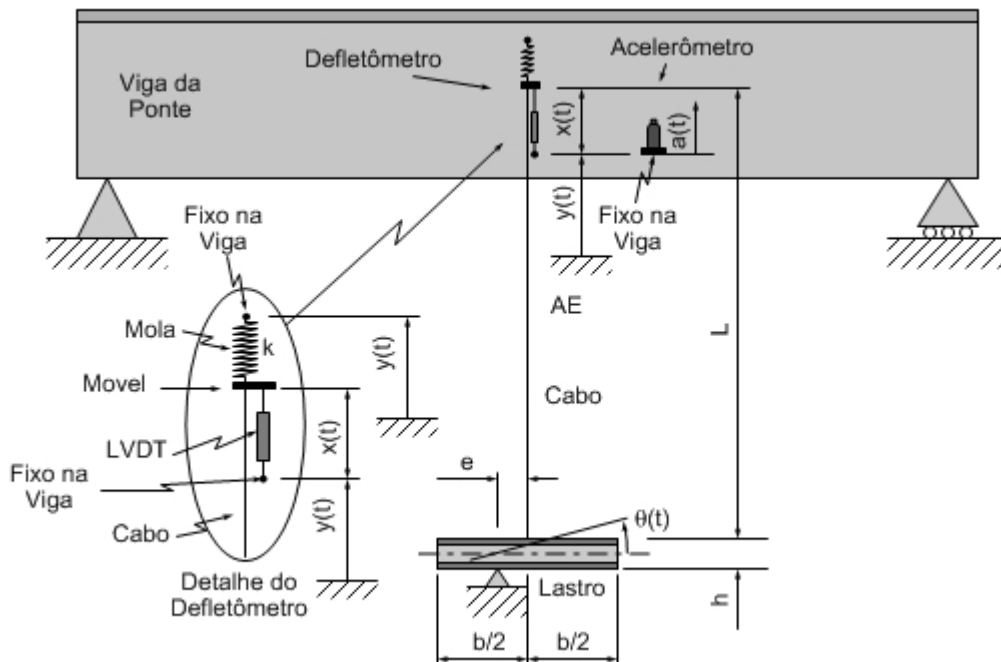
- a equação diferencial do movimento horizontal do equipamento montado na mesa vibratória sobre 4 coxins de borracha de coeficiente de histerese $b = 0,1$, cada um com uma rigidez transversal supostamente conhecida igual a $k/4$;
- calcular os dois primeiros componentes harmônicos do movimento horizontal da mesa, sendo dadas as dimensões do sistema biela-manivela $R = 50 \text{ mm}$ e $L = 200 \text{ mm}$;
- determinar o máximo valor de rigidez k dos quatro coxins juntos para que o equipamento ainda passe no ensaio de durabilidade.



Questão 3



Uma ponte rodoviária foi instrumentada com o objetivo de monitorar as vibrações causadas pelo tráfego intenso de caminhões de carga. Dois tipos de transdutores foram utilizados para medir as vibrações verticais no centro do vão central da ponte, uma acelerômetro e um defletômetro, conforme pode ser visto na foto de detalhe da instrumentação. O acelerômetro foi fixado diretamente à viga da ponte e mede a aceleração de vibração vertical da viga $a(t)$. O defletômetro é composto de uma mola, uma transdutor de deslocamento (LVDT), um cabo de aço e um lastro. Uma extremidade da mola é fixada à viga e a outra a uma das pontas do cabo de aço. Um lastro é pedurado na outra ponta do cabo de aço, sendo lançado para baixo até ficar totalmente apoiado no solo sob a ponte. O LVDT tem uma das pontas da sua haste móvel solidário ao extremo livre da mola e a sua base é fixada à viga. A mola tem a função de manter tensionado o cabo. Dessa maneira, quando a viga deflete verticalmente de $y(t)$ a haste do LVDT se movimenta de $x(t)$, conforme indicado no croqui.



Lamentavelmente, por um infortúnio não proposital, o lastro não ficou bem apoiado no solo, ficando bambo sobre uma pedra, conforme pode ser visto no croqui da figura. Assim a ponta inferior do cabo de aço pode movimentar-se com o lastro, quando este bascula de um ângulo $\theta(t)$ sobre a pedra. A distância do ponto de apoio da pedra ao ponto de fixação do cabo vale $e = 300 \text{ mm}$, o momento de inércia do lastro em relação ao ponto de apoio vale $J = 0,6 \text{ kg.m}^2$. A altura $h = 100 \text{ mm}$ do lastro pode ser desprezada quando comparada ao seu comprimento $b = 1000 \text{ mm}$. A rigidez do cabo de aço vale $EA = 500 \text{ kN}$ e seu comprimento vale $L = 20 \text{ m}$. A mola do defletômetro tem rigidez $k = 25 \text{ N/mm}$. As massas do cabo e da haste do LVDT podem ser desprezadas, assim como o amortecimento do conjunto

Pede-se:

- escrever a equação diferencial do movimento de rotação do lastro $\theta(t)$ para pequenas oscilações e considerando que a deflexão vertical da viga vale $y(t) = Y_0 \text{ sen}(2\pi f_0 t)$;
- determinar a frequência natural f_n do sistema do defletômetro;
- escrever a amplitude do movimento de resposta $\theta(t)$ do lastro para a excitação $y(t)$ dada;
- escrever a relação entre o movimento $x(t)$ medido pelo LVDT, o deslocamento angular $\theta(t)$ do lastro e o movimento da viga $y(t)$;
- durante o tráfego intenso a vibração da viga da ponte é praticamente harmônica na sua frequência natural de $f_0 = 5 \text{ Hz}$ e a amplitude de vibração medida com o defletômetro marcava $X_0 = 5,6 \text{ mm}$. Entretanto essa informação não estava coerente com a medição do acelerômetro, que indicava uma amplitude de aceleração de $A_0 = 10 \text{ m/s}^2$. Suspeita-se que o defletômetro esteja ressoando, devido a imperfeição do apoio do lastro; verificar essa possibilidade e corrigir a leitura do defletômetro.