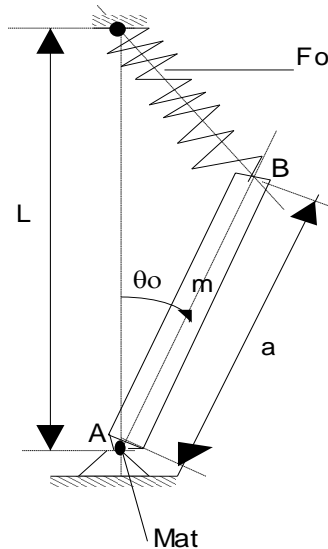


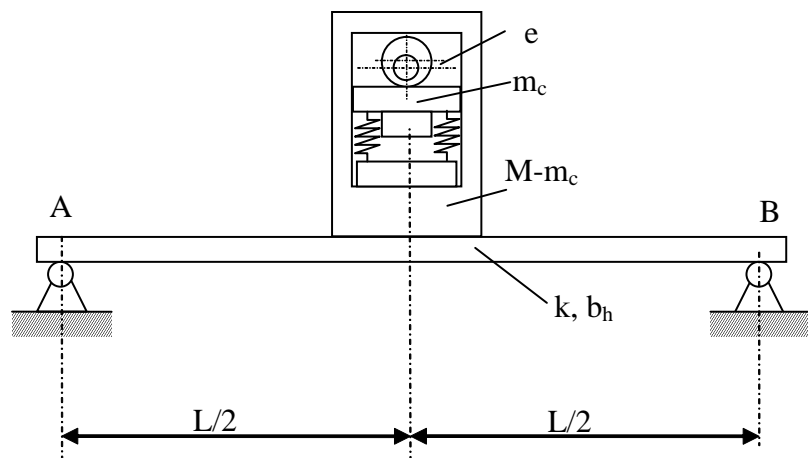
1^a **Questão** – O pêndulo invertido da figura é formado de uma barra homogênea de massa m e comprimento a , articulada em sua extremidade inferior **A** e submetida a uma força de tração F_0 imposta por uma mola flexível, conforme apresentado na figura. Supondo que a articulação em **A** apresenta um momento de atrito seco **Mat** e que as oscilações do pêndulo são de pequena amplitude, pede-se:

- A equação diferencial do movimento angular da barra.
- Discutir a estabilidade da posição vertical de equilíbrio.
- Sendo $F_0 = 2 \cdot m \cdot g$, $L = 2 \cdot a$ e $Mat = 0,01 \cdot m \cdot g \cdot a$, calcular a evolução do sistema no tempo a partir de uma amplitude inicial $\theta_0 = 0,05$ rad com velocidade angular nula.
- Calcular o tempo total decorrido desde o instante em que o pêndulo foi solto até sua completa parada.



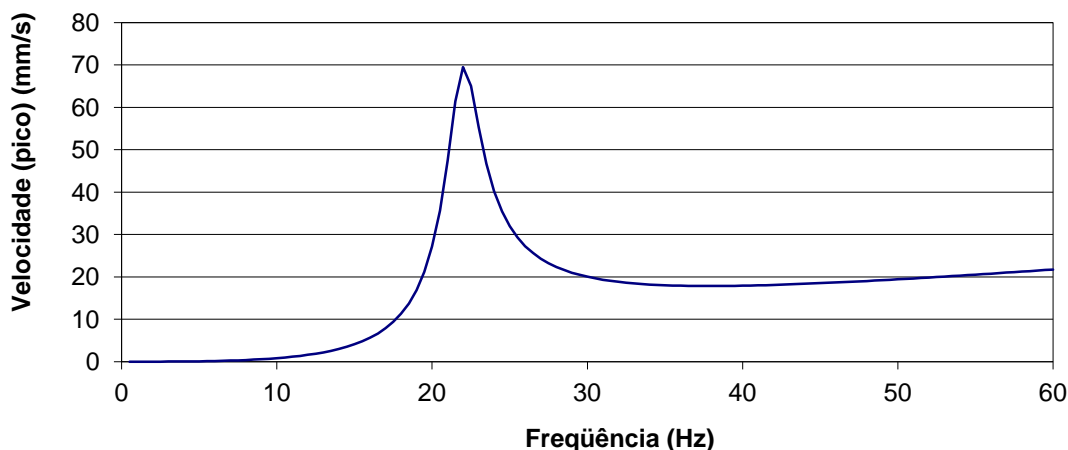
2^a **Questão** – Com a finalidade de determinar os valores da rigidez à flexão de uma viga de material composto, quando submetida a carregamento no centro do vão, da sua massa equivalente concentrada no centro do vão e do coeficiente de histerese de seu material, foi construído o seguinte experimento: a viga **AB** com comprimento L foi bi-apoiada nas extremidades conforme indicado na figura, tendo sido fixado um excitador de vibração de massa total M no centro do vão.

O excitador possui um cabeçote de massa m_c que oscila verticalmente em relação à base do excitador com movimento provocado por um eixo com excentricidade e que gira com velocidade angular ω_f a qual pode ser alterada lentamente. A base do excitador incorpora também um



medidor da velocidade de vibração vertical e é feita uma varredura lenta em frequência, sendo registrados os valores pico da velocidade de vibração em função da frequência.. Pede-se:

- determinar a equação diferencial do movimento absoluto vertical da base do excitador supondo conhecidos o coeficiente de dissipação por histerese do material b_h , a rigidez da viga k para uma carga no centro do vão, além da massa concentrada da viga M_{viga} , e e ω_f ;
- supondo os parâmetros da pergunta anterior conhecidos, determinar a equação da amplitude de vibração da base do excitador em regime permanente em função de ω_f ;
- sendo dados $M = 1\text{kg}$, $e = 1\text{mm}$, $mc = 0,2\text{kg}$ e o registro do valor da velocidade de vibração em função da frequência representado na figura, calcular a massa



equivalente da viga M_{viga} , a rigidez da viga k , e o coeficiente de histerese b_h de seu material.

3ª Questão – 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 acelerações laterais maiores que 5 m/s^2 em qualquer frequência 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.

