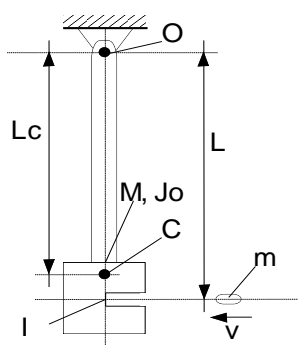


1ª Questão – Um pêndulo balístico, utilizado para medir a velocidade de projéteis, é representado esquematicamente na figura. Sabe-se que a articulação **O** apresenta atrito seco, de modo a possibilitar a representação do momento de atrito que se opõe ao movimento por $M_{at} = \mu \times (d/2) \times R$, onde o coeficiente de atrito $\mu = 0,2$, o diâmetro do eixo da articulação $d = 0,02 \times L_c$ e **R** é a reação radial na articulação. Conhecidas as propriedades de inércia (massa **M** e momento de inércia **Jo** em relação a **O**) e geométricas do pêndulo (distância **Lc** do centro de massa até **O**, e distância **L** do ponto de impacto até **O**), além do modelo já apresentado para o atrito na articulação, pede-se:

- Deduzir a equação diferencial (deixada em função de **R**) completa do movimento angular do pêndulo incorporando um projétil de massa **m**, a ele agregado no ponto **I** após o impacto.
- Determinar o valor da distância **L** que anula o contragolpe na articulação **O** decorrente do impacto do projétil de massa **m**.
- Supondo que **L** tenha sido escolhido de modo a anular o efeito do impacto na articulação, determinar a evolução no tempo do movimento de oscilação do pêndulo para pequenas amplitudes em torno de sua posição de equilíbrio, após o impacto de um projétil de massa **m** com velocidade **v**. Para este quesito supor $m = 0,001 \times M$, $J_o = 1,1 \times M \times L_c^2$, $L_c = 1m$, $g = 10m/s^2$ e $v = 400m/s$.



2ª Questão – A extremidade livre do virabrequim de um motor diesel de 4 cilindros e 4 tempos, que opera na faixa de 800 a 3600 rpm deve receber um instrumento indicador de posição angular cujo rotor não pode ser submetido a acelerações angulares maiores que 100 rad/s^2 em qualquer frequência específica. A ligação entre o virabrequim e o rotor do instrumento deve ser feita através de um acoplamento de borracha de coeficiente de histerese $b = 0,1$ e rigidez torcional k_t a ser determinada. Sabe-se que o momento de inércia do rotor do indicador é **J**, muito menor que o momento de inércia das partes rotativas do motor referidas ao eixo do virabrequim, e que a aceleração angular na extremidade do virabrequim pode ser estimada pela seguinte expressão:

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} = 25 * \text{sen}(\Omega * t) + 600 * \text{sen}(2 * \Omega * t - 0,14) + 200 * \text{sen}(4 * \Omega * t - 0,66) + 75 * \text{sen}(6 * \Omega * t - 1,05) + 62 * \text{sen}(8 * \Omega * t - 1,36) + 45 * \text{sen}(10 * \Omega * t - 1,50)$$

onde Ω é a velocidade angular média do virabrequim.

Pede-se:

- determinar a equação diferencial do movimento angular do rotor do instrumento, supondo conhecidos **J**, k_t , **b** e Ω ;
- calcular a rigidez torcional do acoplamento de borracha (k_t) que assegura que a aceleração angular do rotor do instrumento não ultrapassa o limite estabelecido;
- estimar o erro de indicação da posição angular pelo instrumento, devido a deformação torcional do acoplamento.

