O sistema representado na figura é constituído de um carro de massa total **M**, construído essencialmente de dois eixos idênticos de momento de inércia **JA=JB=J**, que podem girar em mancais de deslizamento em um chassi de massa desprezível. O “veículo” está apoiado em uma rampa, inclinada de um ângulo **α** em relação à horizontal, por quatro rodas de raio **R** que rolam sem escorregar sobre a rampa. Discos de raio maior que **R** ficam externos à rampa e possibilitam que **J** seja maior que **M·R²/2**. O chassi que suporta os eixos está fixado por uma mola de aço de rigidez **k** a um ponto fixo, conforme ilustrado na figura, que apresenta tanto a vista lateral como a de topo da configuração. Sabendo-se que pode existir dissipação de energia no sistema, tanto por atrito de escorregamento entre os eixos e os mancais no chassi, como por resistência ao rolamento das rodas de borracha sobre a rampa, pede-se:

1. A equação diferencial do movimento do veículo ao longo da rampa no tempo, para pequenas oscilações em torno da posição de equilíbrio, admitindo-se conhecida uma força de resistência ao movimento equivalente a um atrito de escorregamento, além de **M**, **R**, **J**, **k**, **α** e **g** (aceleração da gravidade);
2. Determinar a frequência natural de oscilação do sistema, e a perda de amplitude esperada por ciclo, quando o sistema é retirado da posição de equilíbrio e solto para oscilar em torno dela.
3. Sendo dados**: M=20 kg**, **R=100 mm**, e que a deformação inicial estática da mola até a posição de equilíbrio para **α=30°** é **∆=100 mm**, foram realizadosensaios para duas inclinações de rampa bastante diferentes, a saber **α=10°** e **α=50°.** Em ambos ensaios, o veículo foi deslocado de sua posição de equilíbrio no sentido de esticar a mola e solto para vibrar, tendo sido obtidas as curvas de decaimento da oscilação apresentadas nas figuras abaixo. Nestas condições, pede-se calcular o valor de **J** e da força de atrito seco equivalente para o movimento ao longo da rampa para as duas inclinações dadas.
4. Calcular o coeficiente de resistência ao rolamento dos pneus de borracha sobre a rampa e o momento de atrito seco nos mancais de deslizamento instalados no chassi e que suportam os eixos.
5. Para **α=50°,** e sabendo-se que o coeficiente de atrito de escorregamento entre os pneus e a rampa é 0,5, estimar a máxima amplitude de oscilação que faria com que as rodas “patinassem”.

