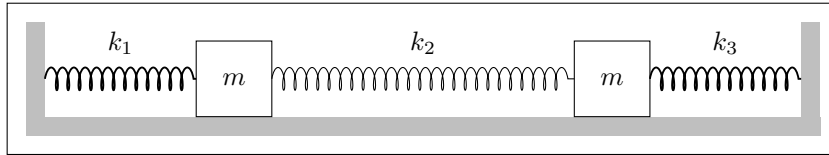


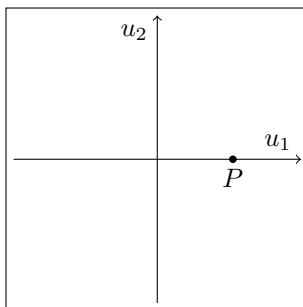
# Mecânica Quântica — 7600025

Lista 1P — para praticar para a prova do dia 11/9/2018. Versão de 9/9/2018.

Duas massas  $m$  estão presas a paredes por molas de constantes  $k_1$  e  $k_3$ , como mostra a figura, e acopladas uma à outra por uma mola de constante  $k_2$ . A figura mostra as massas em suas posições de equilíbrio.



1. As massas da figura são deslocadas das posições de equilíbrio. Encontre a equação de movimento para cada massa. Meça a posição  $u_j$  ( $j = 1, 2$ ) de cada uma a partir da posição de equilíbrio.
2. Suponha agora (questões 2 a 9) que  $m = 1$  kg, que  $k_1 = k_3 = 100$  N/m e que  $k_2 = 10.5$  N/m. Some e subtraia as equações para encontrar as equações para os modos normais  $U = (u_1 + u_2)/2$  e  $u = (u_1 - u_2)/2$ . Encontre as soluções gerais para essas equações.
3. Inverta agora as equações encontradas no item 2 para encontrar as equações gerais para as posições  $u_1(t)$  e  $u_2(t)$ .
4. Dadas as condições iniciais  $u_1(0) = 1$  cm e  $u_2(0) = \dot{u}_1(0) = \dot{u}_2(0) = 0$ , encontre as posições  $u_1(t)$  e  $u_2(t)$ , em função do tempo. Use as equações da prostaferese [ $\sin p + \sin q = 2 \sin((p + q)/2) \cos((p - q)/2)$  etc.] para mostrar que os movimentos são oscilações cujas amplitudes oscilam, com frequência bem mais baixa.
5. Calcule a energia mecânica (potencial mais cinética) do sistema nas condições da questão 4 em função do tempo.
6. Dadas as condições iniciais  $\dot{u}_1(0) = -\dot{u}_2(0) = 1$  cm/s e  $u_1(0) = u_2(0) = 0$ , encontre as posições  $u_1(t)$  e  $u_2(t)$ , em função do tempo.
7. Considere um sistema cartesiano com os eixos  $u_1$  na horizontal e  $u_2$  na vertical. As posições  $u_1(t)$  e  $u_2(t)$  definem um ponto. Por exemplo, na figura abaixo, o ponto  $P$  representa o sistema de duas massas nas condições iniciais da questão 4. Desenhe nesse diagrama as posições encontradas na questão 4. Para simplificar, em lugar de considerar as expressões completas para  $u_1(t)$  e  $u_2(t)$ , considere apenas as amplitudes (oscilatórias) das funções que resultaram das expressões da prostaferese.



8. Desenhe, no sistema cartesiano da questão 7, o movimento encontrados na questão 6.
9. Repita a questão 7 para as condições iniciais  $u_1(0) = u_2(0) = 1$  cm e  $\dot{u}_1(0) = \dot{u}_2(0) = 0$ . Encontre as posições  $u_1(t)$  e  $u_2(t)$  e mostre o resultado como gráfico no sistema cartesiano da questão 6.
10. Suponha agora que as constantes  $k_1$  e  $k_3$  das molas na figura acima da questão 1 são distintas. Nesse caso, para resolver as equações diferenciais encontradas na questão 1, você precisará supor que  $u_1(t) = u_{10}e^{st}$  e  $u_2(t) = u_{20}e^{st}$ , como feito em classe. Encontre as frequências dos modos normais resultantes.