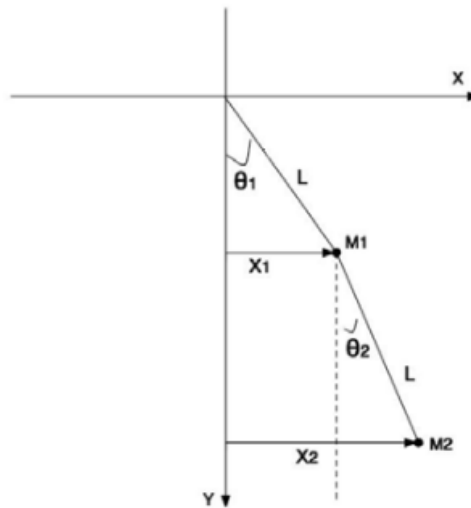


## Problema 1

Considere o pêndulo apresentado na figura. As duas massas estão ligadas entre si por uma barra rígida sem massa de comprimento  $L$ , sendo que a massa  $M_1$  está ligada por outra barra com as mesmas características a uma origem fixa. Para oscilações pequenas e desprezando atrito:

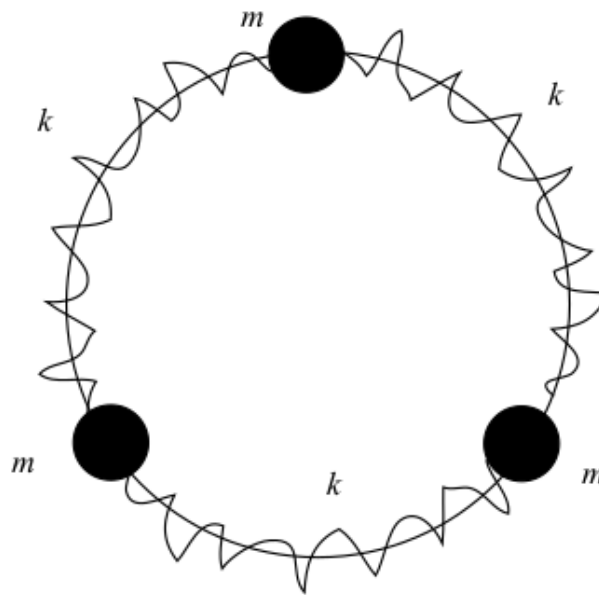
- Escreva as equações do movimento para as duas massas.
- Determine as frequências normais de oscilação do sistema.
- Descreva os modos normais de oscilação do sistema.
- Discuta os limites  $M_2/M_1 \rightarrow \infty$  e  $M_2/M_1 \rightarrow 0$



## Problema 2

Considere 3 massas idênticas constrangidas a moverem-se num círculo (despreze qualquer atrito), como ilustrado na figura. As massas estão ligadas por molas idênticas de constante elástica  $k$ . O círculo é grande o suficiente para desprezar os efeitos de curvatura e está na horizontal de tal forma que a gravidade pode ser ignorada

- a) Escreva as equações do movimento do sistema para pequenos deslocamentos em relação à posição de equilíbrio de cada massa.
- b) Determine as frequências normais de oscilação do sistema.
- c) Descreva os modos normais de oscilação do sistema.
- d) Explique porque é que estando as massas constrangidas a moverem-se num círculo, alguns dos resultados para modos normais não correspondem a movimento oscilatório.



### Problema 3

Considere um sistema formado por 2 massas iguais,  $m$ , ligadas entre si por uma mola de constante  $k$  e ligadas por outra mola a um suporte em movimento, tal como ilustrado na figura. O suporte oscila verticalmente e a sua posição é dada por  $h(t) = A \cos(\omega t)$ . Desprezando o atrito:

- Escreva as equações do movimento do sistema.
- Encontre as soluções em regime estacionário para as posições das massas  $y_1(t)$  e  $y_2(t)$ . Faça um esboço do gráfico da amplitude de oscilação de cada massa em função da frequência  $\omega$ .
- A partir destes resultados, diga quais são as frequências e rácios de amplitudes dos modos normais do sistema não forçado.

