

## DIAGRAMAS NO ESPAÇO DE FASE: MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

Considere um oscilador harmônico simples de massa  $m$ , constante elástica  $k$ , e energia total  $E_0$ .

A. Em termos de  $x$ ,  $\dot{x}$ , e dos parâmetros dados, escreva uma equação que exprima o fato de que a energia mecânica total (cinética mais potencial) permanece constante.

B. Relembre que a equação de uma elipse pode ser escrita na forma:  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ .

O que significam as quantidades  $a$  e  $b$  nesta equação?

C. Reescreva sua equação do item A de modo que ela tenha forma similar à equação da elipse, em termos de  $x$  e  $\dot{x}$  (em vez de  $x$  e  $y$ ).

1. Em termos dos parâmetros dados ( $k$ ,  $m$ , e  $E_0$ ), escreva expressões para as quantidades que correspondem a  $a$  e  $b$  na equação da elipse.

Qual o significado físico das expressões que você encontrou acima para  $a$  e  $b$ ?

2. Exprima a razão ( $b/a$ ) em termos dos parâmetros dados e encontre o significado físico desta razão.

✓ **PARE AQUI** e discuta seus resultados com um instrutor antes de prosseguir.

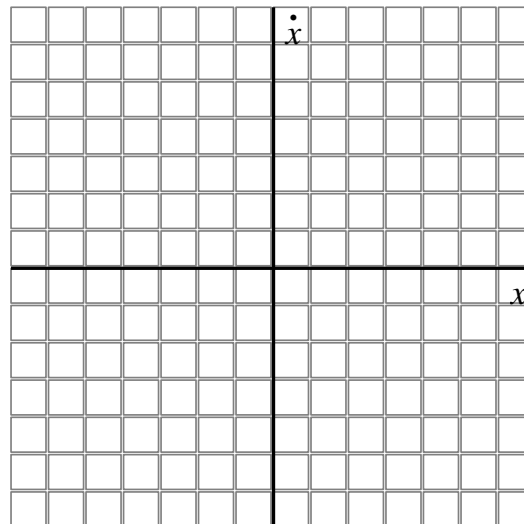
## Diagramas no espaço de fase: Movimento harmônico simples

---

Podemos ilustrar a evolução de sistemas físicos (e.g., um oscilador harmônico simples) desenhando trajetórias no *espaço de fase*. Diferentemente do espaço tridimensional usual, as dimensões (os eixos) do espaço de fase do oscilador harmônico simples são a velocidade  $\dot{x}$  e a posição  $x$ .

D. Considere um oscilador harmônico simples de frequência angular  $1,5 \text{ s}^{-1}$ .

1. Usando os eixos da figura ao lado, esboce duas trajetórias (elípticas) no espaço de fase para este oscilador, uma delas com uma trajetória correspondendo a uma energia total *quatro vezes maior* que a outra.



Se você desenhasse outras trajetórias para o mesmo oscilador, cada uma correspondendo a uma energia total diferente, duas quaisquer destas trajetórias poderiam se cruzar? Explique porque, ou porque não.

2. Para mostrar corretamente a evolução temporal do oscilador, as trajetórias que você desenhou devem ser percorridas no sentido *horário, anti-horário, ou isto não importa?*

Teste se sua resposta está correta considerando o movimento do oscilador a partir de diferentes pontos ao longo de uma dada trajetória no espaço de fase.

3. Para a trajetória de um oscilador harmônico simples no espaço de fase, dê uma interpretação *física* para o fato seguinte:
  - a trajetória corta o eixo horizontal ( $x$ ) formando com ele um ângulo reto. (*Dica:* Considere representações paramétricas  $x=x(t)$  e  $\dot{x}=\dot{x}(t)$  e escreva uma expressão para a inclinação da tangente à trajetória num ponto)