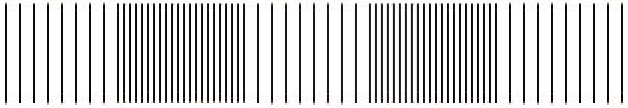
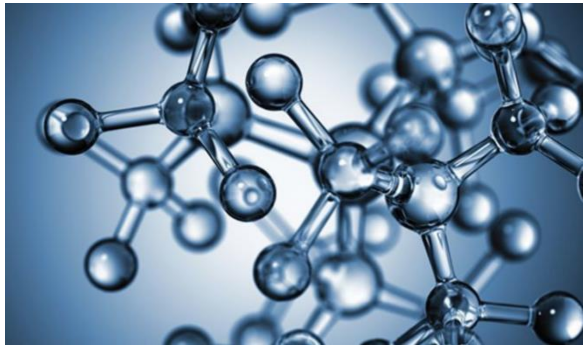
Oscilações

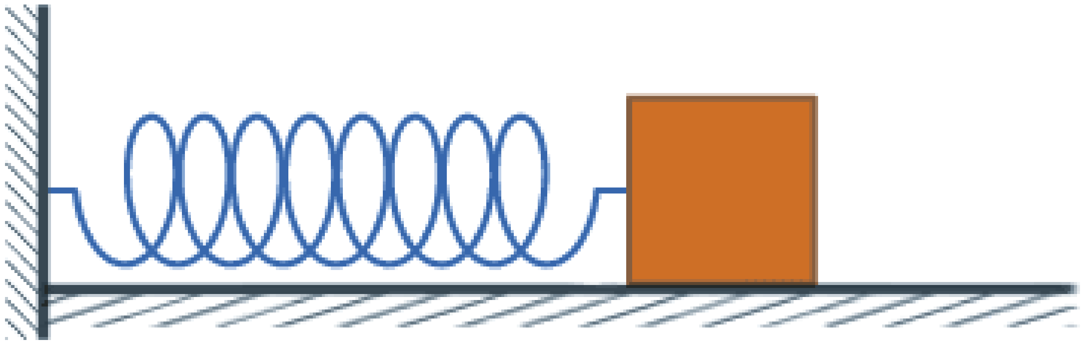
Oscilações

Oscilações

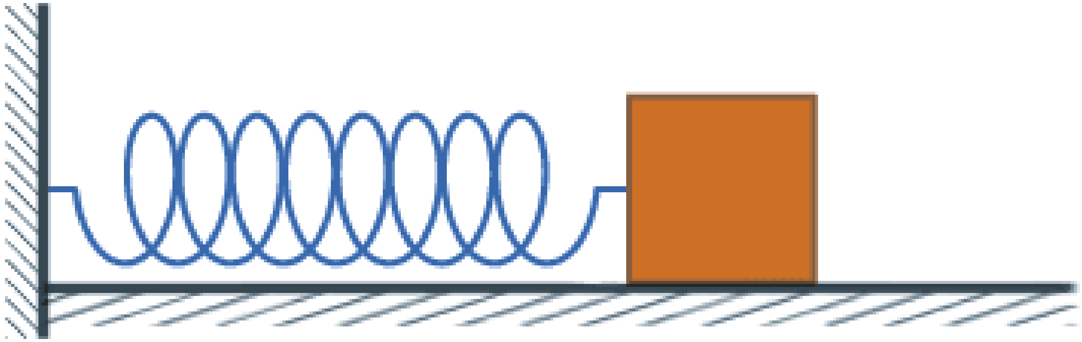




Movimento harmônico simples

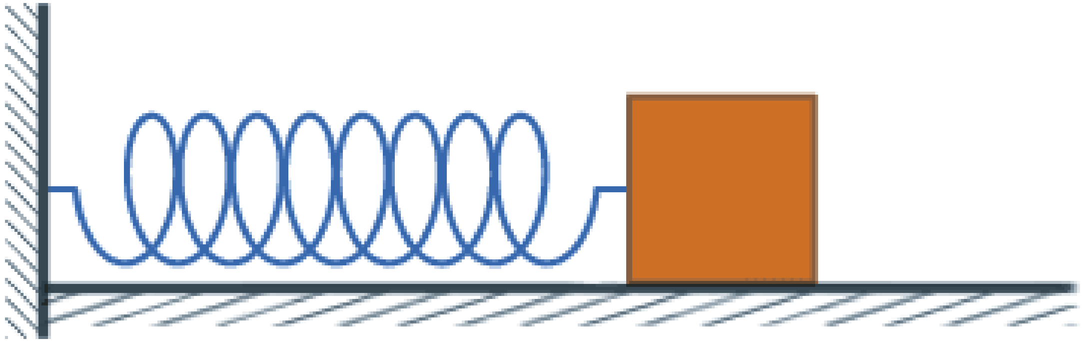


Movimento harmônico simples



Lei de Hooke: $F_x = -kx$

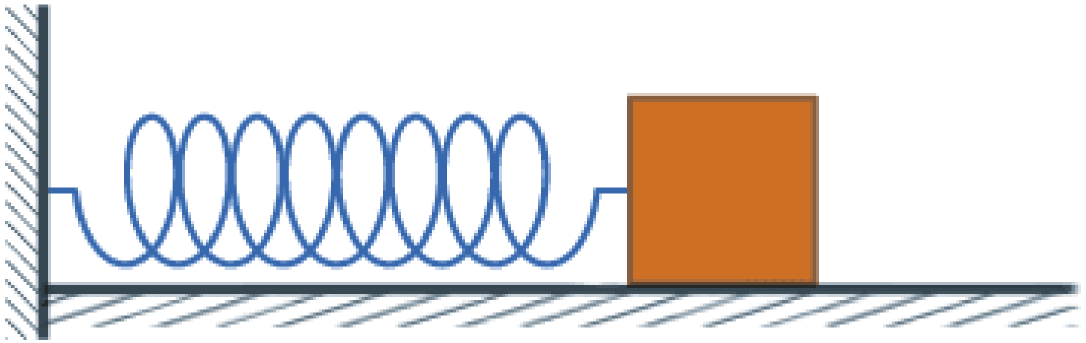
Movimento harmônico simples



Lei de Hooke: $F_x = -kx$

$$F_x = m.a$$

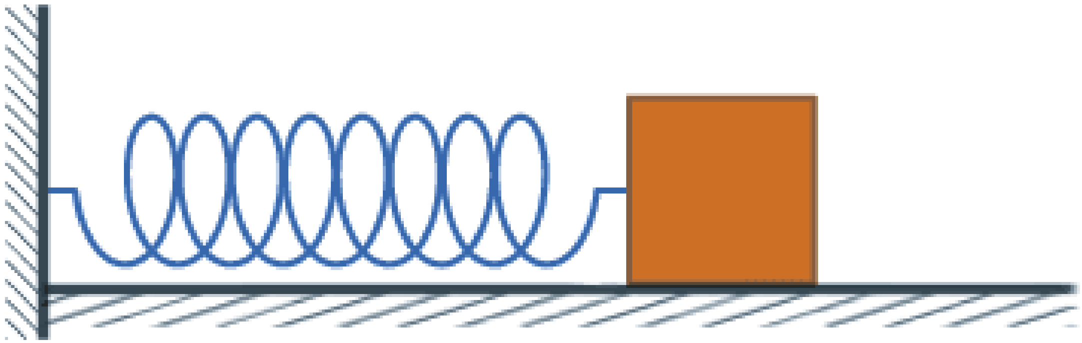
Movimento harmônico simples



Lei de Hooke: $F_x = -kx$

$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

Movimento harmônico simples

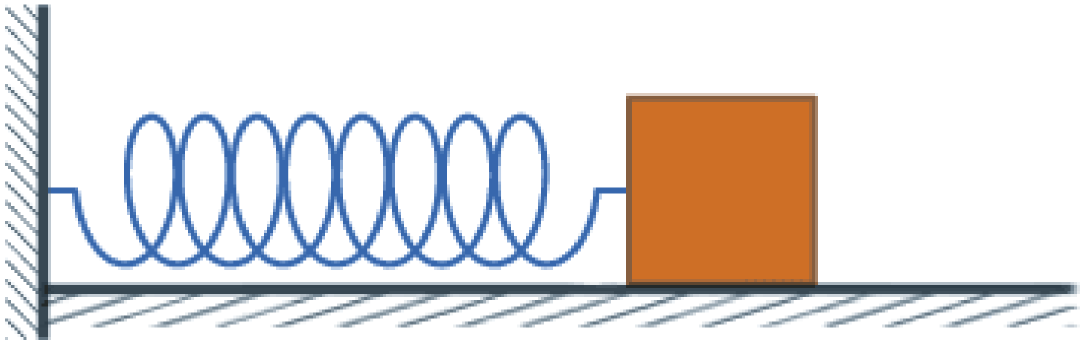


$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

Lei de Hooke: $F_x = -kx$

$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

Movimento harmônico simples



Lei de Hooke:

$$F_x = -kx$$

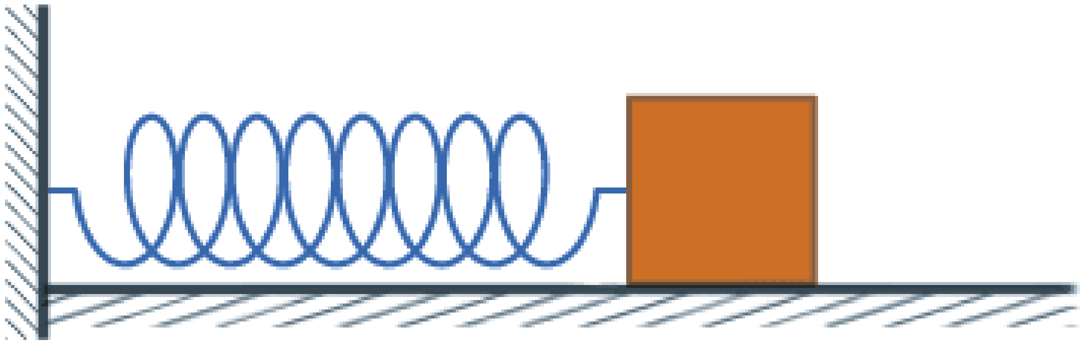
$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Movimento harmônico simples

MHS: *a aceleração é proporcional ao seu deslocamento, com direção oposta!*



Lei de Hooke: $F_x = -kx$

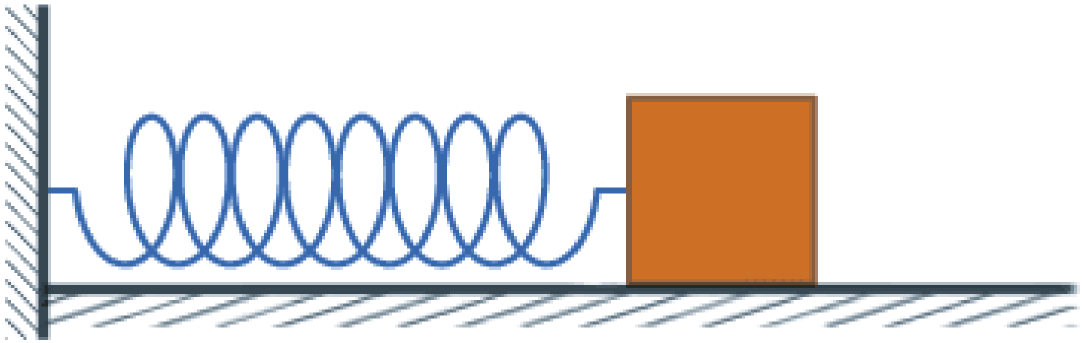
$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Movimento harmônico simples

MHS: *a aceleração é proporcional ao seu deslocamento, com direção oposta!*



Lei de Hooke: $F_x = -kx$

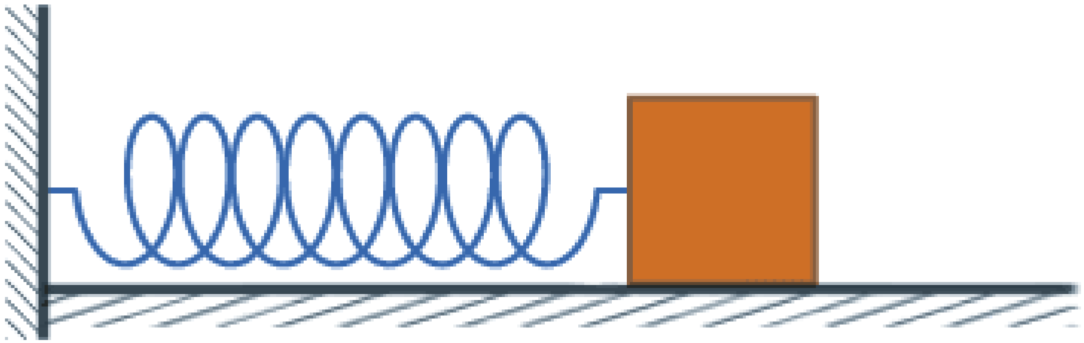
$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Movimento harmônico simples

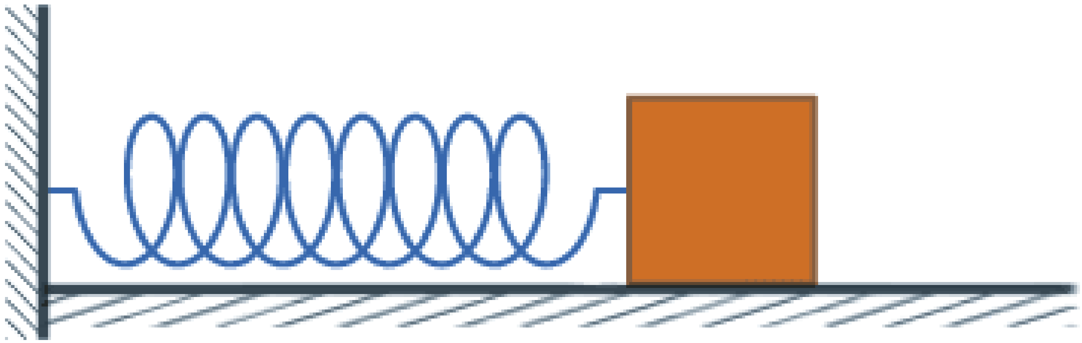
MHS: *a aceleração é proporcional ao seu deslocamento, com direção oposta!*



Oscilação completa: T (s)
Oscilação por unidade de tempo: *f* (Hz)

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Movimento harmônico simples



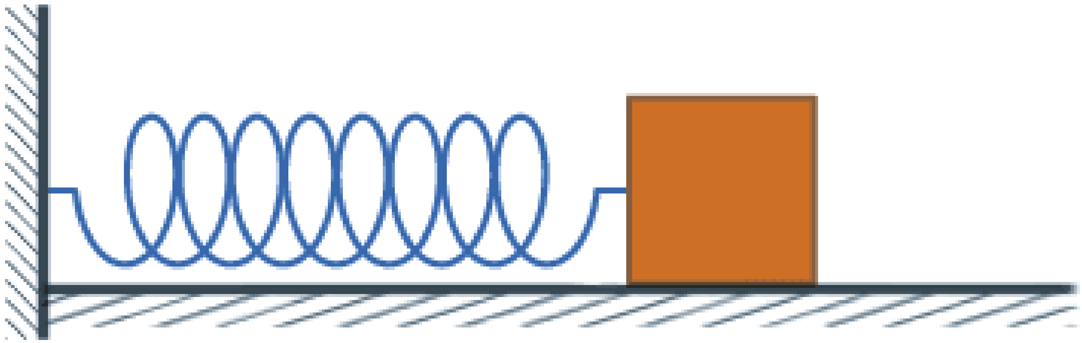
MHS: *a aceleração é proporcional ao seu deslocamento, com direção oposta!*

Qual é a solução dessa equação?

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Movimento harmônico simples

MHS: *a aceleração é proporcional ao seu deslocamento, com direção oposta!*

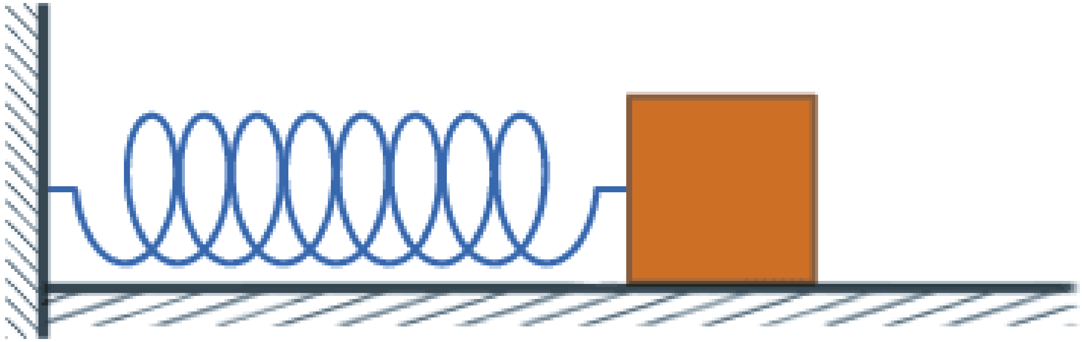


Qual é a solução dessa equação?

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

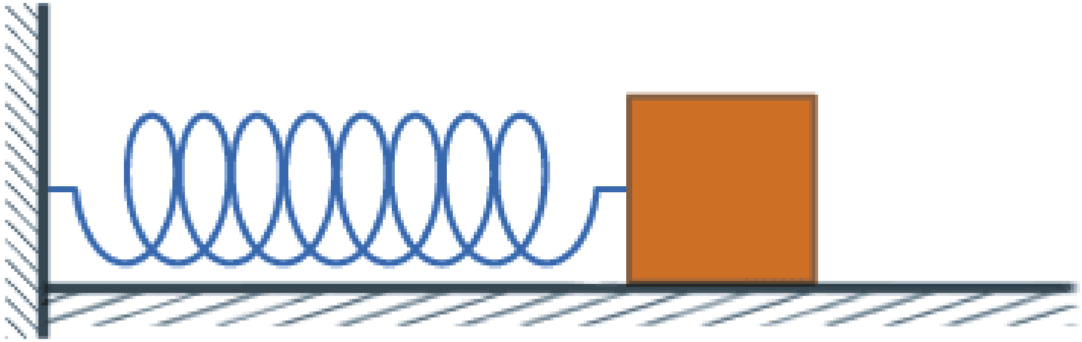
Lousa – quem pode ser solução para essa equação?

Movimento harmônico simples



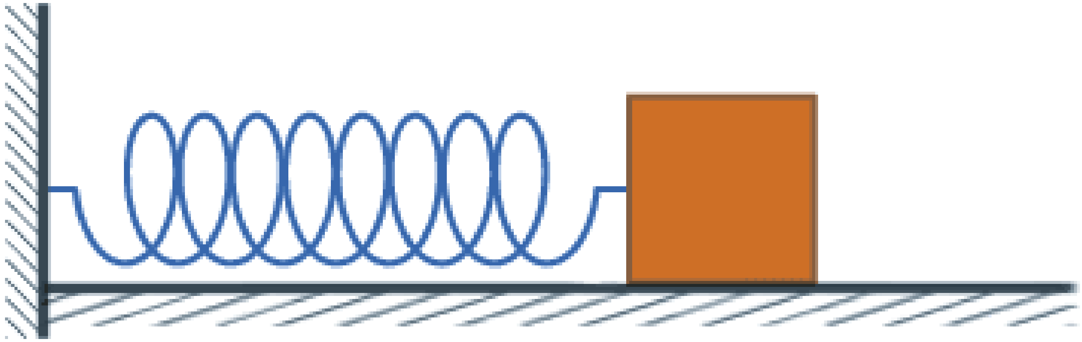
$$x = A\cos(\omega t + \delta) = A\mathrm{sen}(\omega t + \delta + 2\pi)$$

Movimento harmônico simples



$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

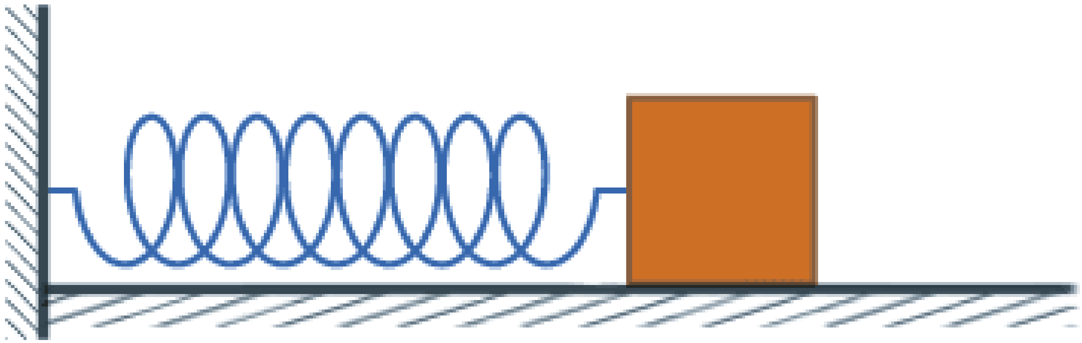
Movimento harmônico simples



$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

A: amplitude – deslocamento máximo em relação ao equilíbrio.

Movimento harmônico simples



$$x = A cos(\omega t + \delta)$$

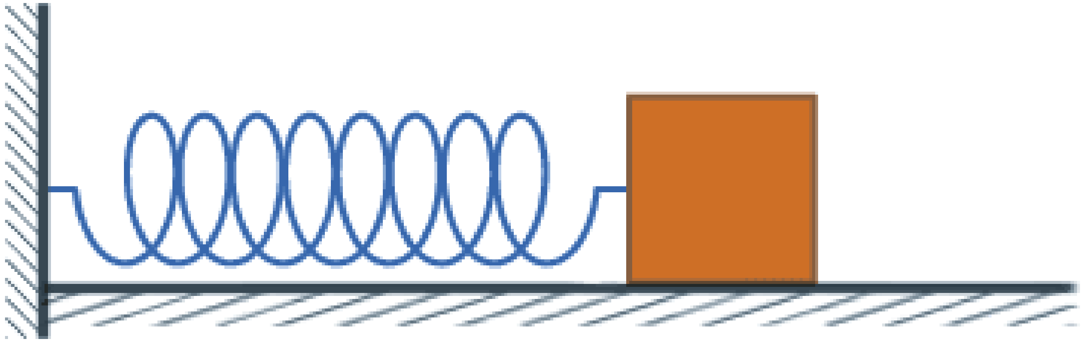
A: amplitude – deslocamento máximo em relação ao equilíbrio.

δ: Constante de fase – depende da escolha de t=0.

1 sistema oscilando: pode ser zero.

2 sistemas oscilando: diferença de fase.

Movimento harmônico simples



$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Se x1=x2 → diferença de fase é zero ou 2π

$$x1 = Acos(\omega t)$$
$$x2 = Acos(\omega t + \delta)$$

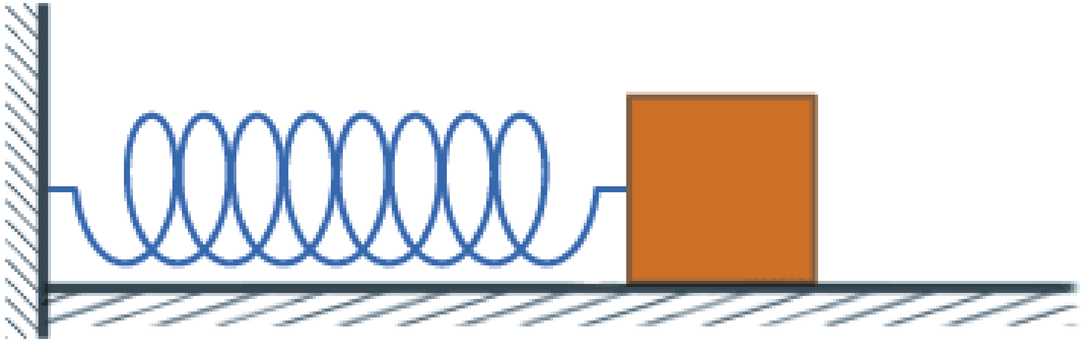
A: amplitude – deslocamento máximo em relação ao equilíbrio.

δ: Constante de fase – depende da escolha de t=0.

1 sistema oscilando: pode ser zero.

2 sistemas oscilando: diferença de fase.

Movimento harmônico simples



$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

A: amplitude – deslocamento máximo em relação ao equilíbrio.

δ: Constante de fase – depende da escolha de t=0.

1 sistema oscilando: pode ser zero.

2 sistemas oscilando: diferença de fase.

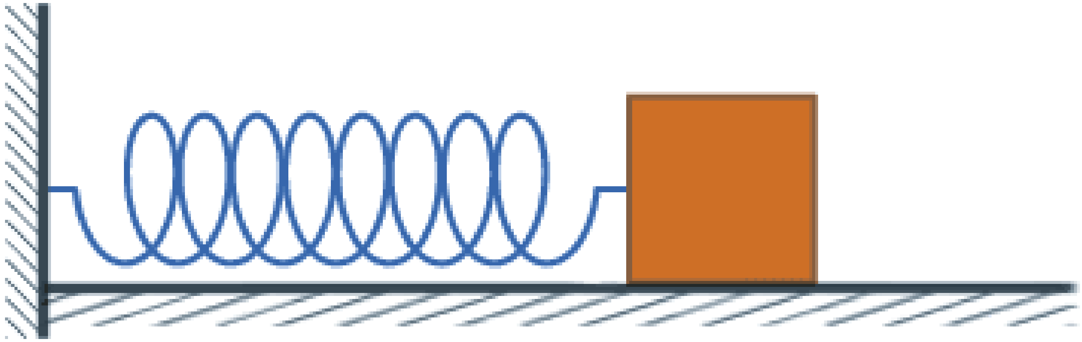
Se x1=x2 → diferença de fase é zero ou 2π

$$x1 = Acos(\omega t)$$

$$x2 = Acos(\omega t + \delta)$$

Estão em fase ou fora de fase!

Movimento harmônico simples



Se x1=x2 → diferença de fase é zero ou 2π

$$x1 = Acos(\omega t)$$

$$x2 = Acos(\omega t + \delta)$$

Estão em fase ou fora de fase!

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

A: amplitude – deslocamento máximo em relação ao equilíbrio.

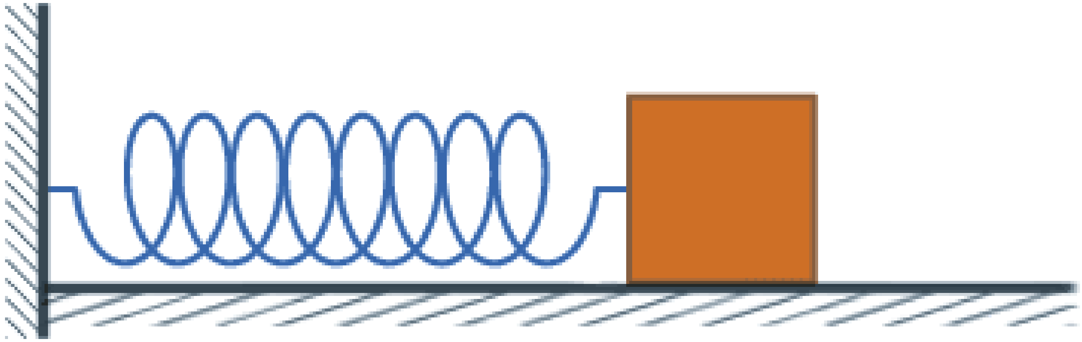
δ: Constante de fase – depende da escolha de t=0.

1 sistema oscilando: pode ser zero.

2 sistemas oscilando: diferença de fase.

$\omega t + \delta$: Fase do movimento

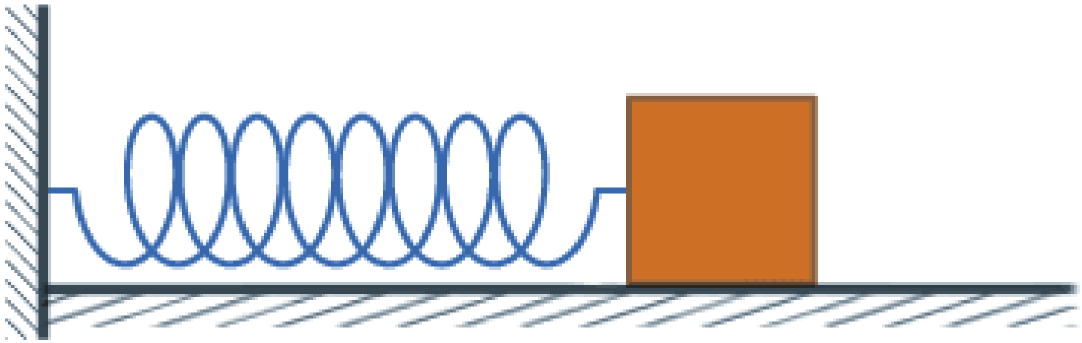
Movimento harmônico simples



$$x = A cos(\omega t + \delta)$$

$$v = \frac{dx}{dt}$$

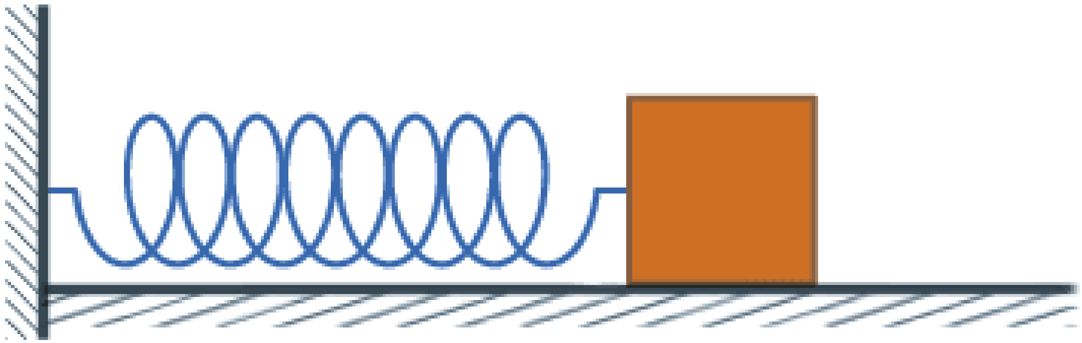
Movimento harmônico simples



$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \operatorname{sen}(\omega t + \delta)$$

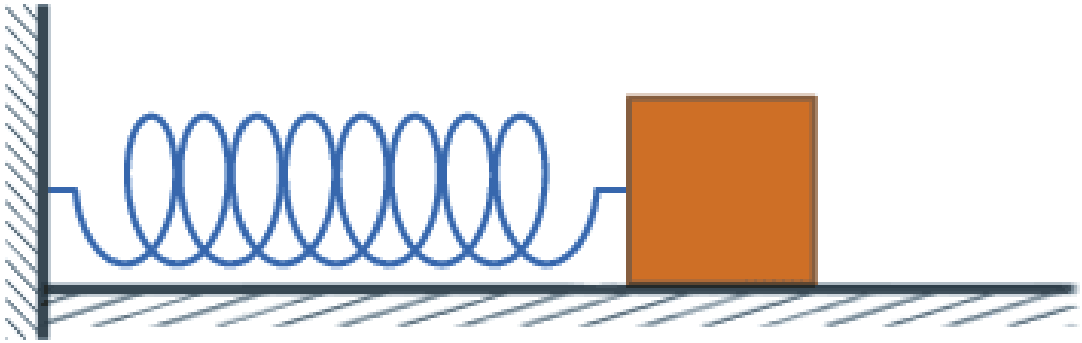
Movimento harmônico simples



$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega sen(\omega t + \delta) \qquad a = \frac{dv}{dt}$$

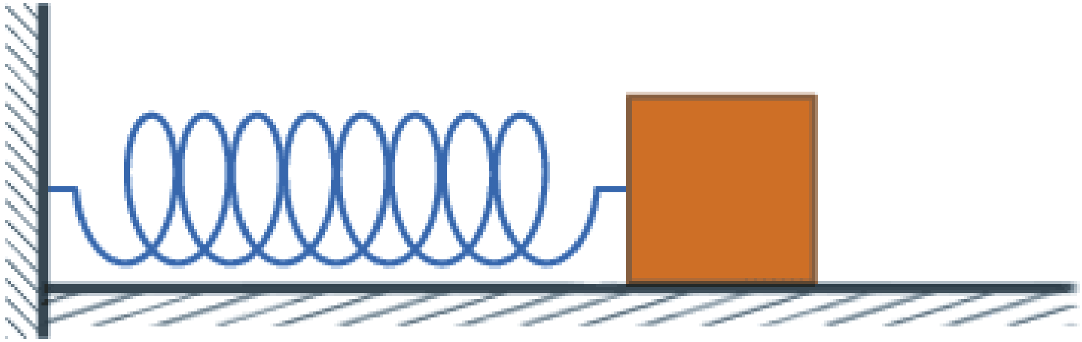
Movimento harmônico simples



$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega sen(\omega t + \delta) \qquad a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 Acos(\omega t + \delta)$$

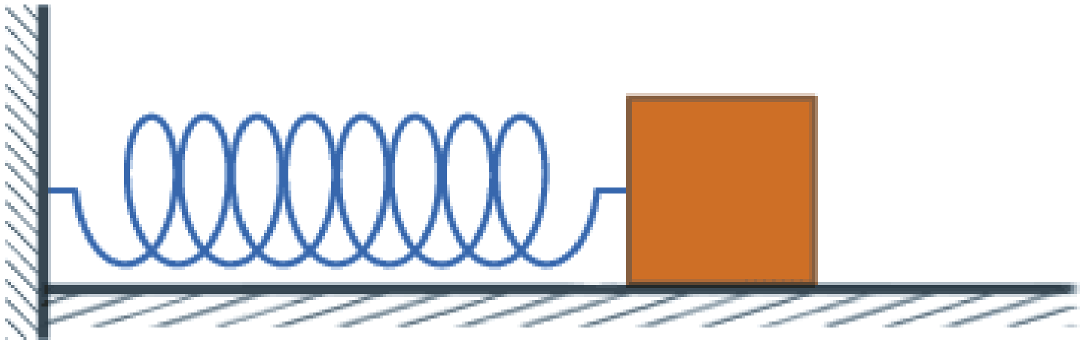
Movimento harmônico simples



$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega sen(\omega t + \delta) \qquad a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A\cos(\omega t + \delta)$$

Movimento harmônico simples



$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

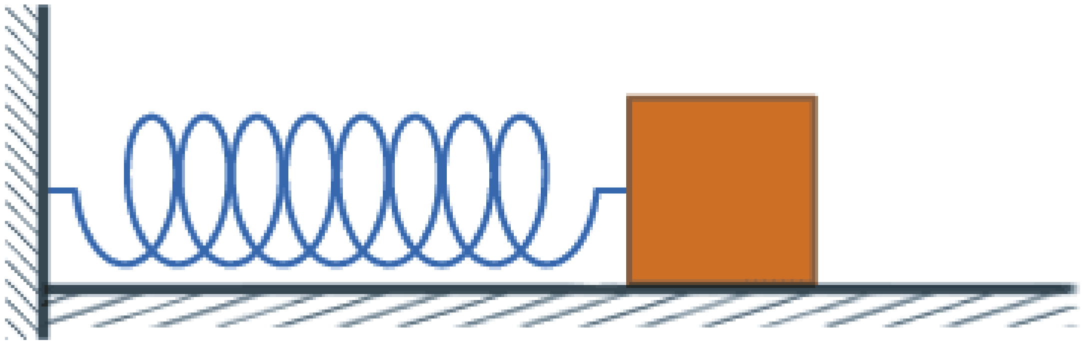
$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega sen(\omega t + \delta)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A\cos(\omega t + \delta)$$

$$a = -\omega^2 x$$

Voltando...

Voltando...



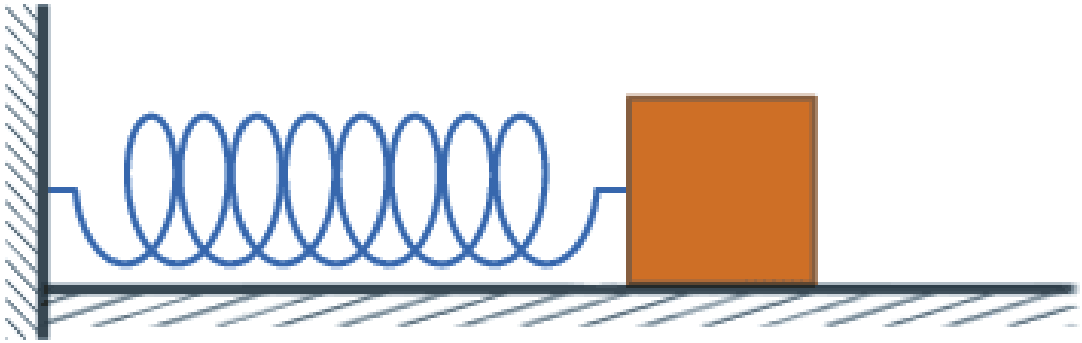
Lei de Hooke: $F_x = -kx$

$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Voltando...



Lei de Hooke: $F_x = -kx$

$$F_x = m.a = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

$$a = -\omega^2 x$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ?

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ? Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ? Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

t=0:

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ? Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

t=0:

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ? Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

t=0:

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

$$x_0 = Acos(\delta)$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ? Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

t=0:

$$x = Acos(\omega t + \delta) \qquad v = -A\omega sen(\omega t + \delta)$$

$$x_0 = Acos(\delta)$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ? Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

t=0:

$$x = Acos(\omega t + \delta) \qquad v = -A\omega sen(\omega t + \delta)$$

$$x_0 = Acos(\delta) \qquad v_0 = -A\omega sen(\delta)$$

Movimento harmônico simples

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Quem é A? Quem é δ?   Dependem das condições iniciais (dado x_0 e v_0)!

t=0:

$$x = Acos(\omega t + \delta) \qquad v = -A\omega sen(\omega t + \delta)$$

$$x_0 = Acos(\delta) \qquad v_0 = -A\omega sen(\delta)$$

2 equações, 2 incógnitas! Achamos A e δ!!!

Movimento harmônico simples

$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

Movimento harmônico simples

$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

Movimento harmônico simples

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

$$x(t) = x(t + T)$$

Movimento harmônico simples

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

$$x(t) = x(t + T)$$

$$Acos(\omega t + \delta) = Acos[(\omega(t + T) + \delta]$$

Movimento harmônico simples

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

$$x(t) = x(t + T)$$

$$Acos(\omega t + \delta) = Acos[(\omega(t + T) + \delta]$$

Movimento harmônico simples

$$x = A cos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

$$x(t) = x(t + T)$$

$$A cos(\omega t + \delta) = A cos[(\omega(t + T) + \delta] = A cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

Movimento harmônico simples

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

$$x(t) = x(t + T)$$

$$Acos(\omega t + \delta) = Acos[(\omega(t + T) + \delta] = Acos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

Movimento harmônico simples

$$x = Acos(\omega t + \delta)$$

Dado um período T → período para completar um ciclo

$$x(t) = x(t + T)$$

$$Acos(\omega t + \delta) = Acos[(\omega(t + T) + \delta] = Acos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

Isso só acontece quando a diferença entre os cos (ou sen) é n.2π

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

Movimento harmônico simples

$$\cos(\omega t + \delta) = \cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Conhecemos!!!

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

velocidade angular!

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

velocidade angular → frequencia angular!

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Não dependem da amplitude!

Movimento harmônico simples

$$cos(\omega t + \delta) = cos(\omega t + \delta + \omega T)$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Não dependem da amplitude!
Portanto, não depende da pressão aplicada!

Energia no MHS

$$E = U + K$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2sen^2(\omega t + \delta)$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2sen^2(\omega t + \delta)$$

$$\omega^2 = k/m$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}mA^2\frac{k}{m}sen^2(\omega t + \delta)$$

$$\omega^2 = k/m$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2sen^2(\omega t + \delta)$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2sen^2(\omega t + \delta)$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2sen^2(\omega t + \delta)$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2\big(cos^2(\omega t + \delta) + sen^2(\omega t + \delta)\big)$$

Energia no MHS

$$E = U + K$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\big(Acos(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2cos^2(\omega t + \delta)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\big(-A\omega sen(\omega t + \delta)\big)^2 = \frac{1}{2}kA^2sen^2(\omega t + \delta)$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2\big(cos^2(\omega t + \delta) + sen^2(\omega t + \delta)\big) = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia no MHS

$$E_{total} = U + K = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia total no MHS

$E \sim A^2$

Energia no MHS

$$E_{total} = U + K = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia total no MHS

$E \sim A^2$

Na amplitude máxima do movimento→ Só U
Quando x=0→ Só K

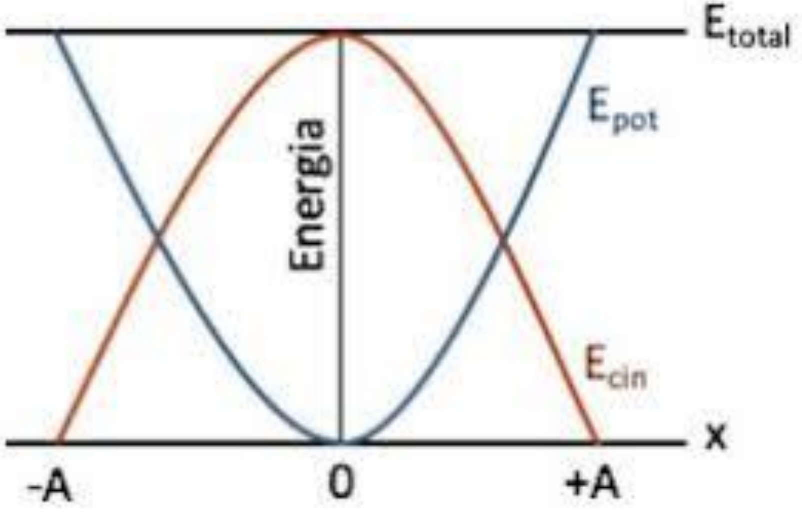
Energia no MHS

$$E_{total} = U + K = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia total no MHS

E~A^2

Na amplitude máxima do movimento→ Só U
Quando x=0→ Só K



Energia no MHS

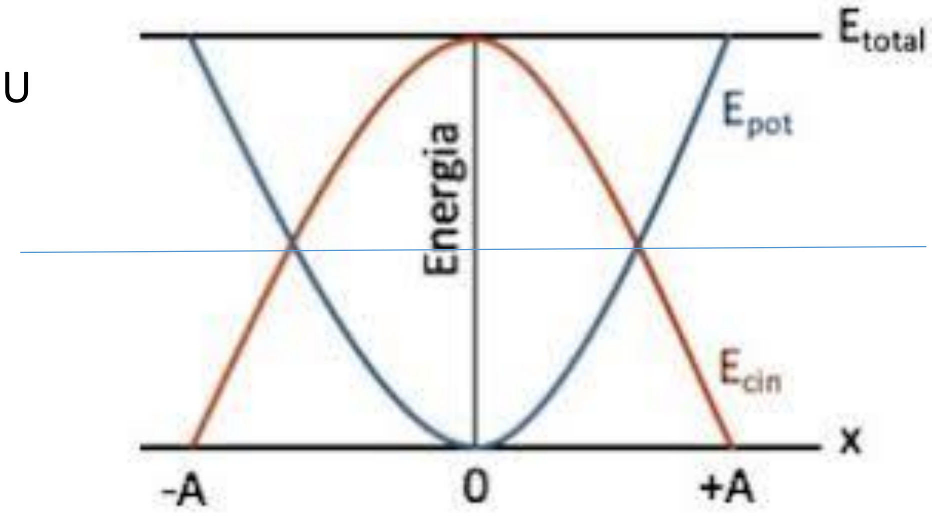
$$E_{total} = U + K = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia total no MHS

E~A²

Na amplitude máxima do movimento→ Só U
Quando x=0→ Só K

$$U_{média} = K_{média} = E/2$$



$$U_{média} = K_{média}$$

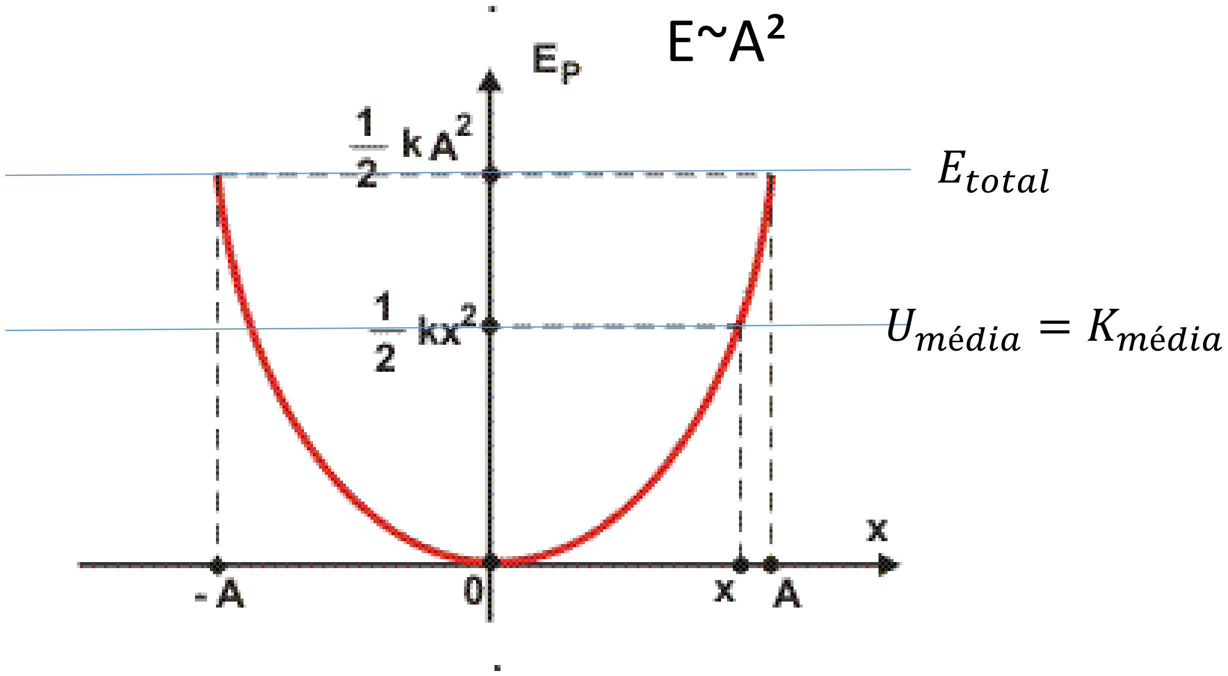
Energia no MHS

$$E_{total} = U + K = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia total no MHS

Na amplitude máxima do movimento→ Só U
Quando x=0→ Só K

$$U_{média} = K_{média} = E/2$$

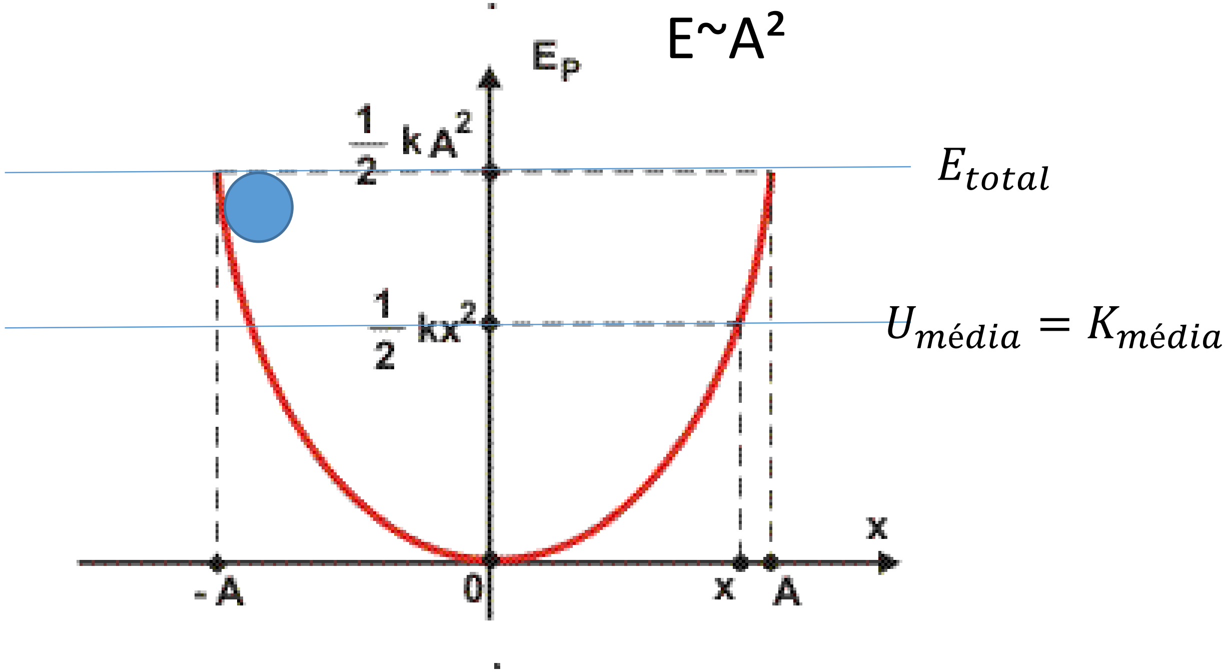


Energia no MHS

$$E_{total} = U + K = \frac{1}{2}kA^2$$

Energia total no MHS

E~A²



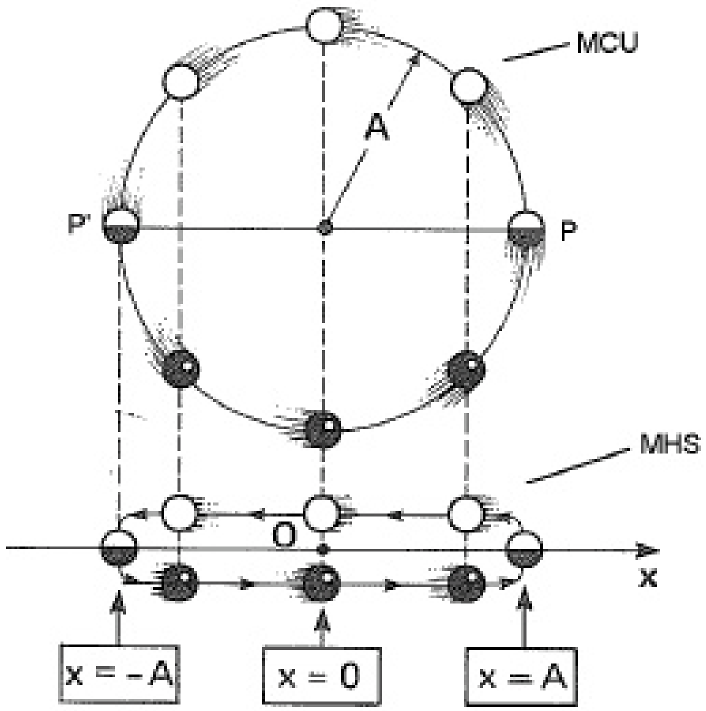
Na amplitude máxima do movimento→ Só U
Quando x=0→ Só K

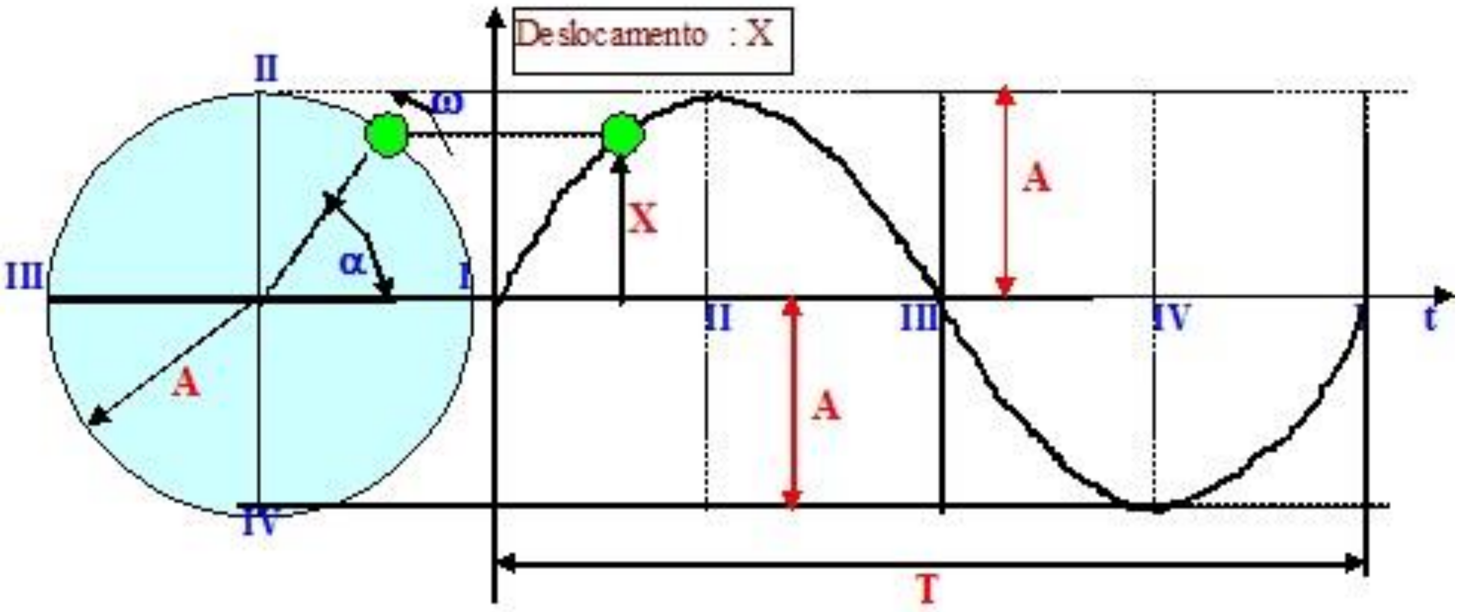
$$U_{média} = K_{média} = E/2$$

Sistemas Oscilantes

Sistemas Oscilantes

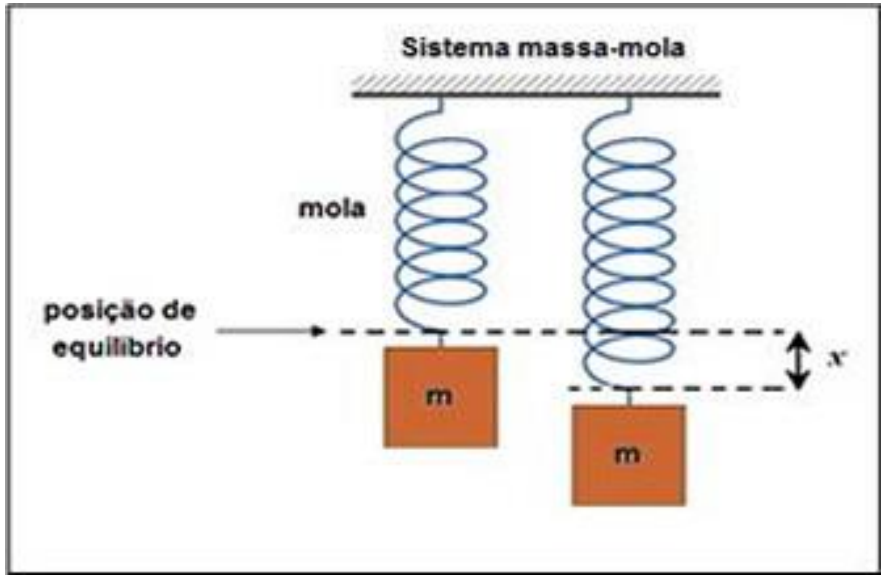
- Movimento circular uniforme





Sistemas Oscilantes

- ❑ Movimento circular uniforme
- ❑ Corpo pendurado em mola vertical



Sistemas Oscilantes

- ❑ Movimento circular uniforme
- ❑ Corpo pendurado em mola vertical
- ❑ Pêndulo Simples

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$