Física 2 – Ciências Moleculares

Caetano R. Miranda

AULA 12 – 10/04/2024

crmiranda@usp.br

Objetivos

- Como descrever oscilações em termos de amplitude, período, frequência e frequência angular.
- Como fazer cálculos com movimento harmônico simples (MHS), um tipo importante de oscilação.
- Como usar conceitos de energia para analisar MHS.
- Como aplicar os conceitos envolvidos em um MHS a diferentes situações físicas.

Objetivos

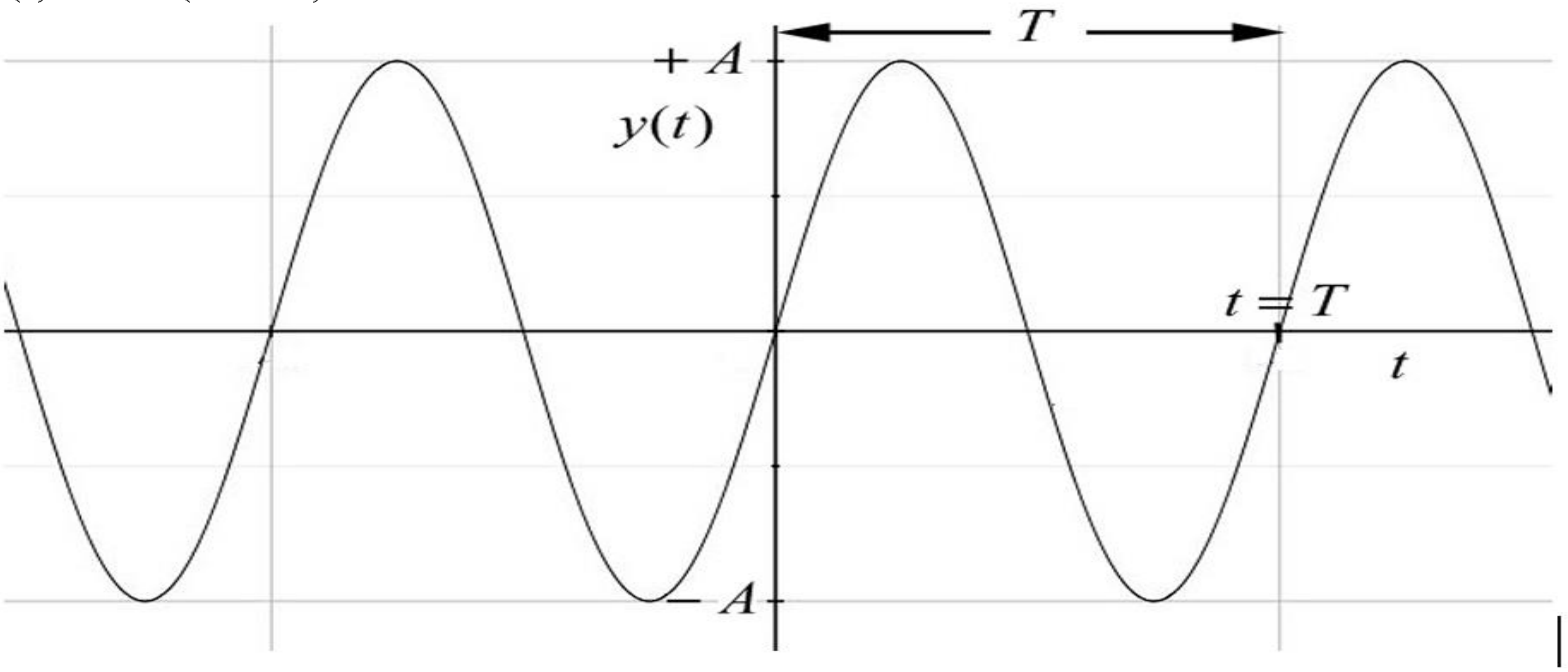
- Como analisar os movimentos de um pêndulo simples.
- O que é um pêndulo físico e como calcular as propriedades de seu movimento.
- O que determina o quão rapidamente uma oscilação chega ao fim.
- Como uma força propulsora aplicada a um oscilador na frequência certa pode provocar uma resposta muito intensa, ou ressonância.

Massa Mola

- Encontre a constante elástica de duas maneiras diferentes;
- Quais restrições devem ser impostas inicialmente para que seja um movimento harmônico ?

Função periódica

$$y(t) = A\sin(2\pi t / T)$$



$$y(t+T) = A\sin\left[\frac{2\pi}{T}(t+T)\right] = A\sin\left[\frac{2\pi}{T}t + 2\pi\right] = A\sin\left[\frac{2\pi}{T}t\right] = y(t)\,.$$

Período e frequência

- Por definição, período e frequência são recíprocos:

No movimento periódico, **frequência e período** são recíprocos.

Período

$$f = \frac{1}{T} \qquad T = \frac{1}{f}$$

Frequência

- Da definição de ϖ,

Frequência angular relacionada à frequência e ao período.

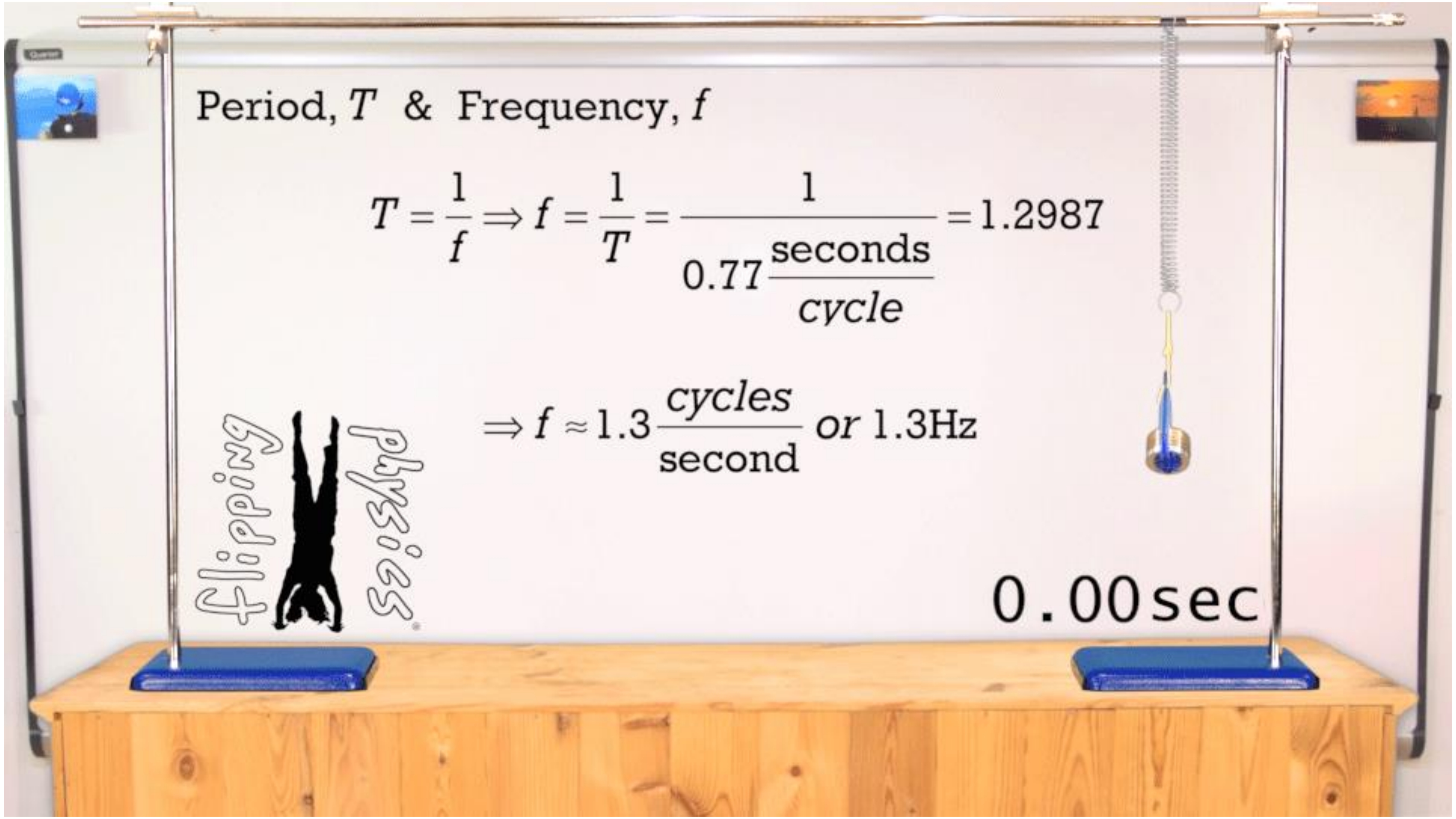
Frequência

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

Período

$$y(t) = A\sin(2\pi t / T) = A\sin(2\pi f\ t) = A\sin(\omega_0 t)$$

Período e frequência



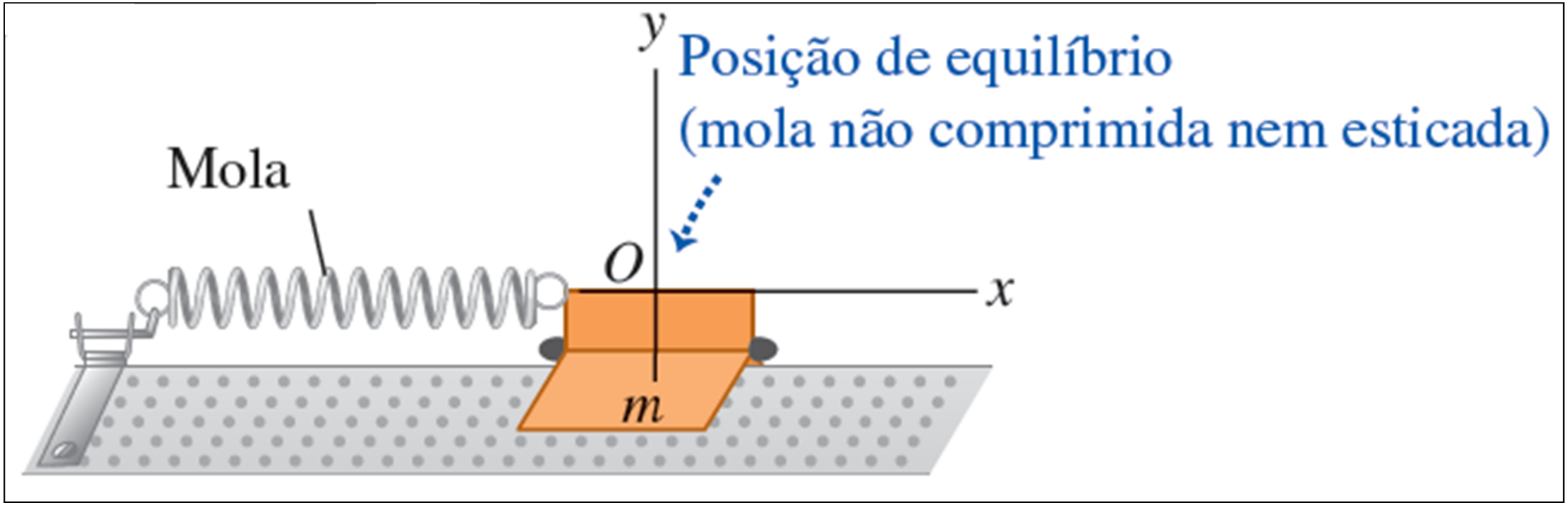
Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Período e frequência

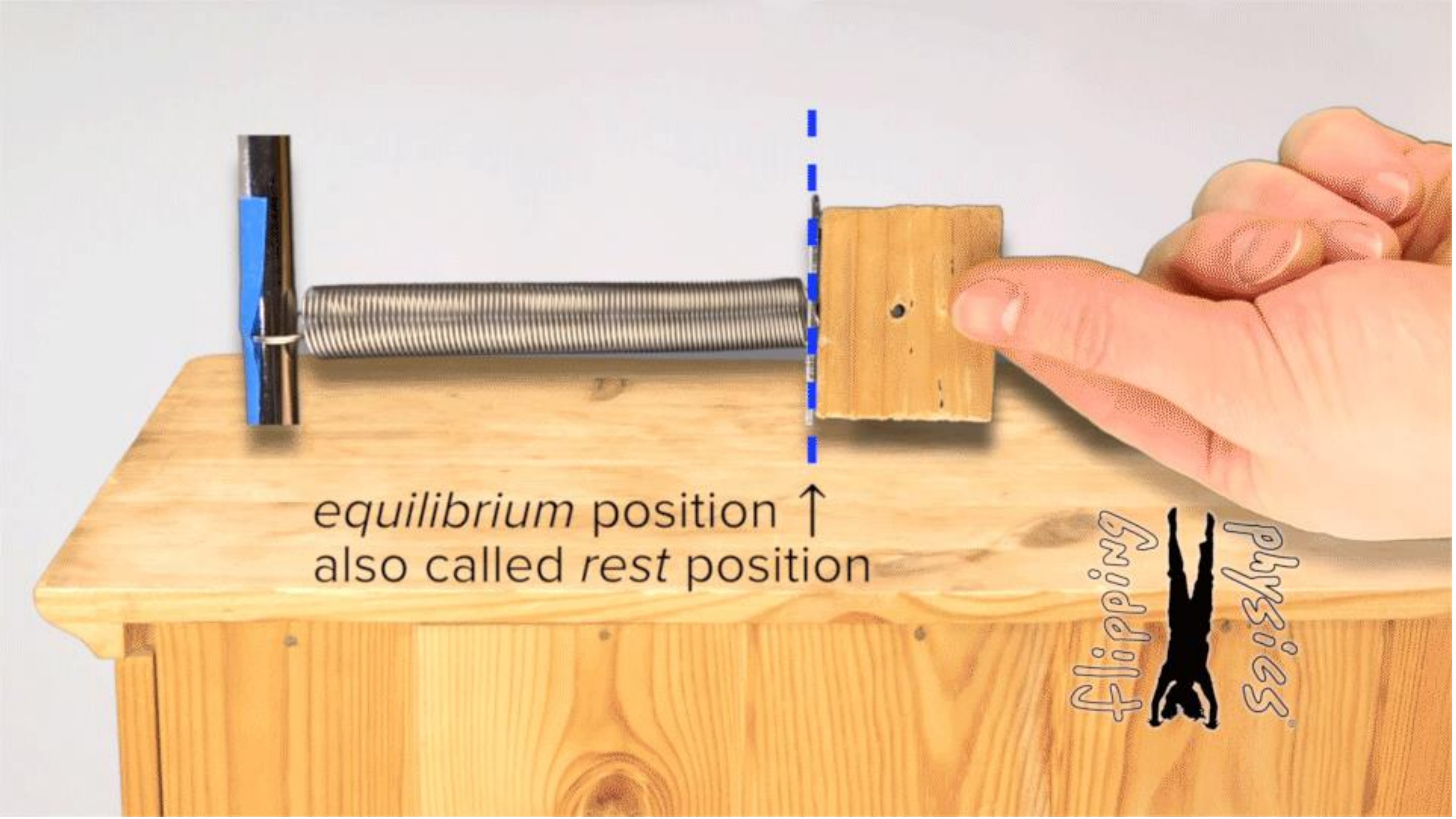
- A **amplitude do movimento**, designada por *A*, é o módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio; isto é, o valor máximo de $|x|$. Ela é sempre ***positiva***.
- O **período**, *T*, é o tempo correspondente a um ciclo; ele é sempre *positivo*.
- A **frequência**, *f*, é o número de ciclos em uma unidade de tempo; ela é sempre ***positiva***.

Causas da oscilação

- Um sistema que pode ter movimento periódico:



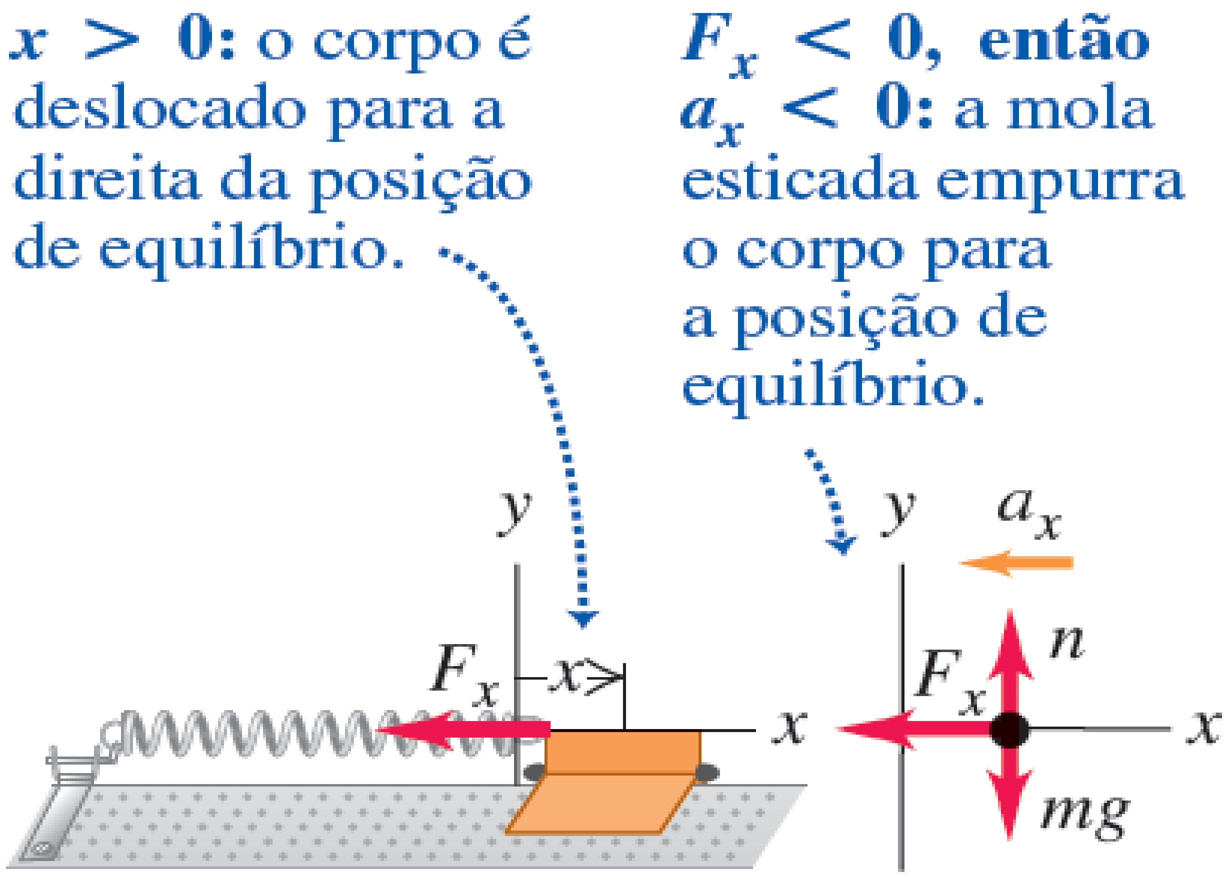
Causas da oscilação



Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

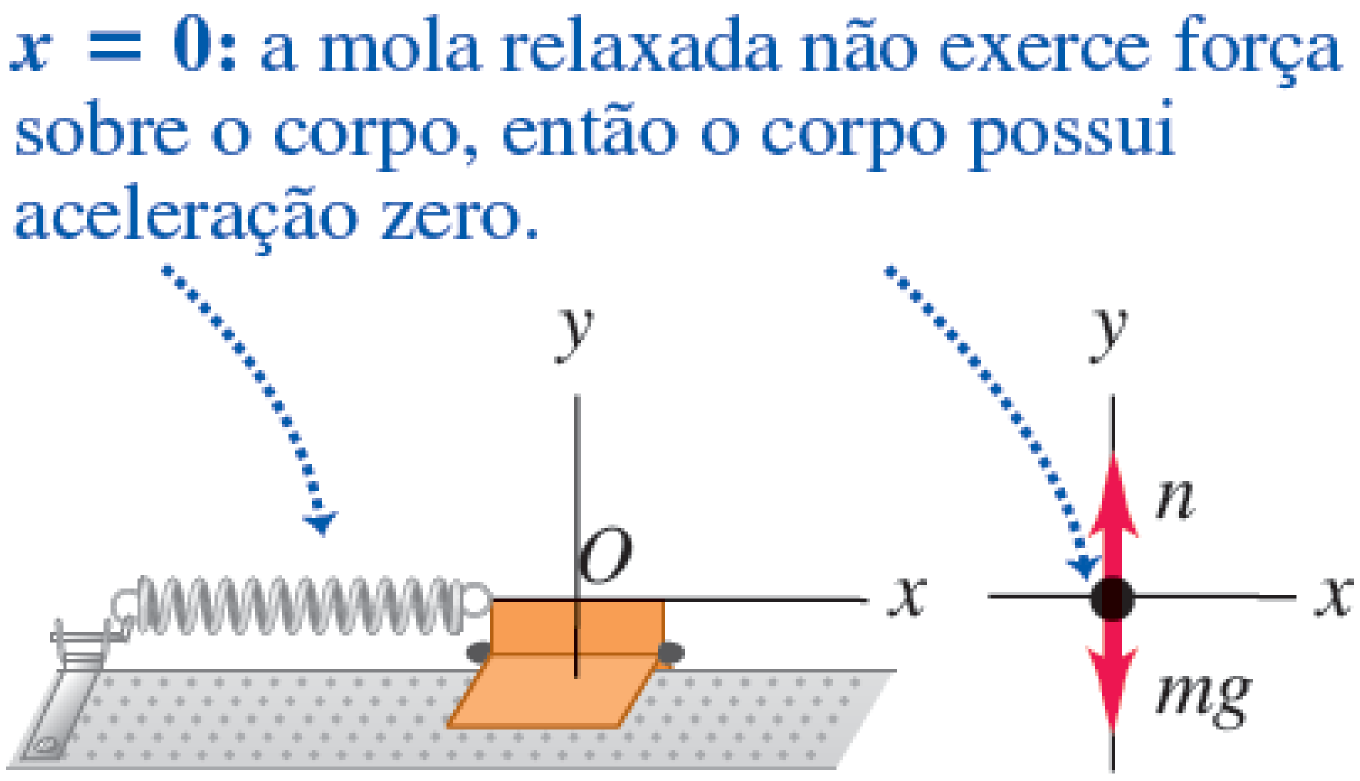
Causas da oscilação

- Exemplo de um movimento periódico: quando o corpo é deslocado de sua posição de equilíbrio em x = 0, a mola exerce uma força restauradora que o leva de volta à posição de equilíbrio.



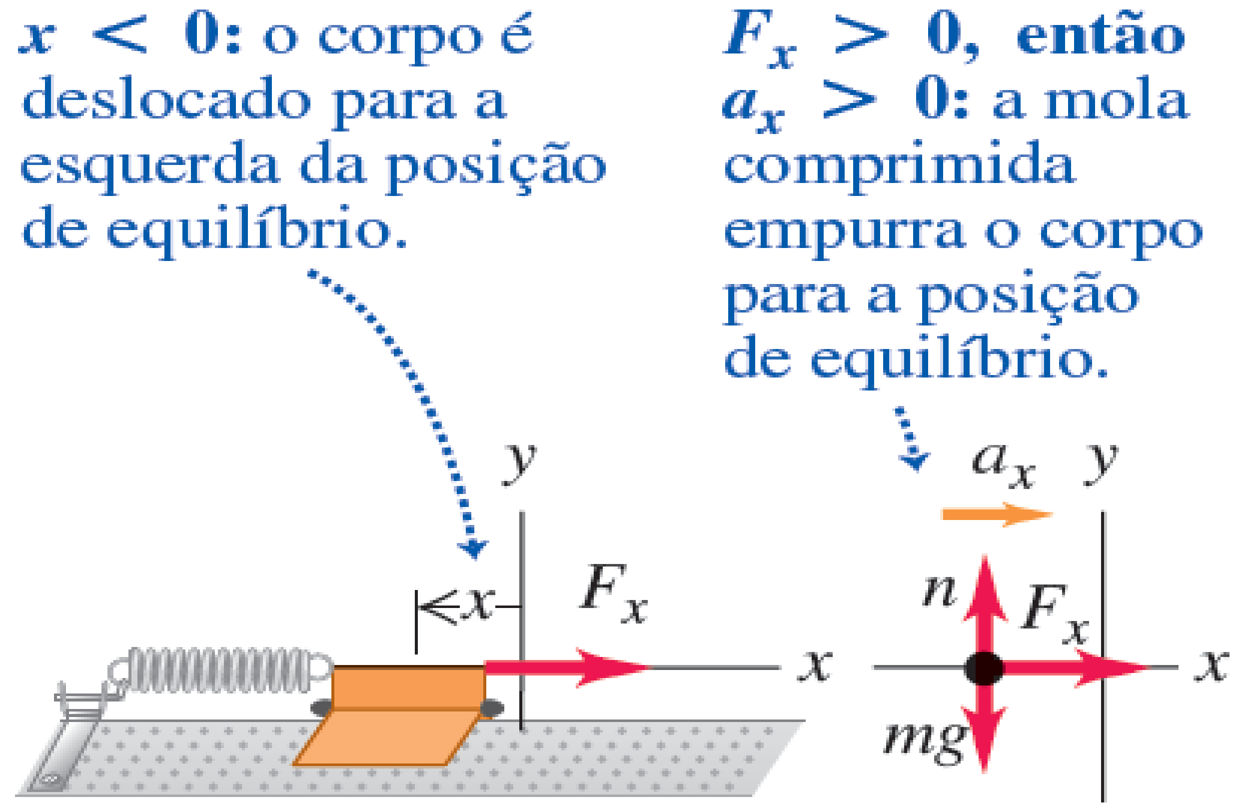
Causas da oscilação

- Exemplo de um movimento periódico: quando o corpo é deslocado de sua posição de equilíbrio em x = 0, a mola exerce uma força restauradora que o leva de volta à posição de equilíbrio.

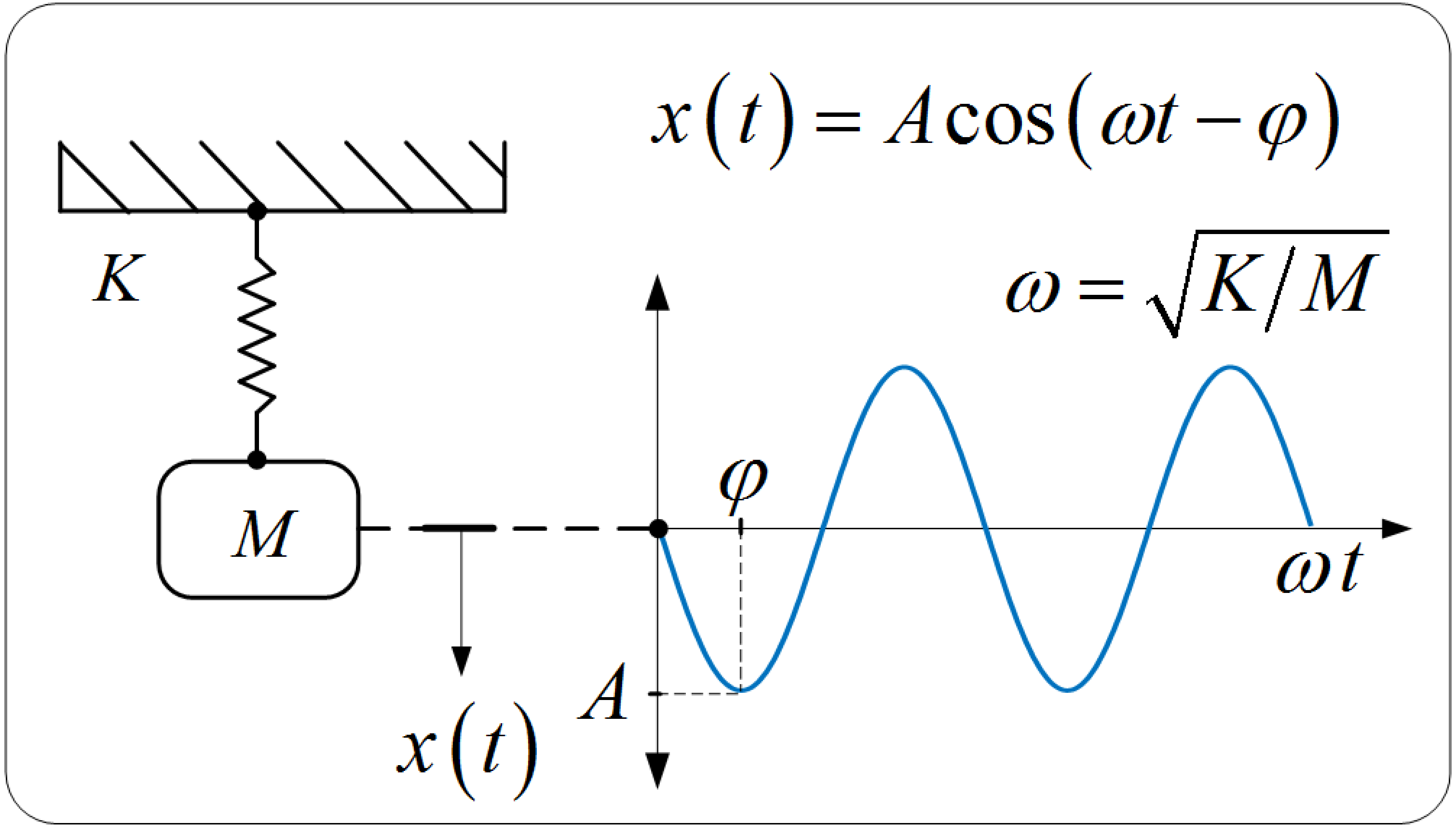


Causas da oscilação

- Exemplo de um movimento periódico: quando o corpo é deslocado de sua posição de equilíbrio em x = 0, a mola exerce uma força restauradora que o leva de volta à posição de equilíbrio.

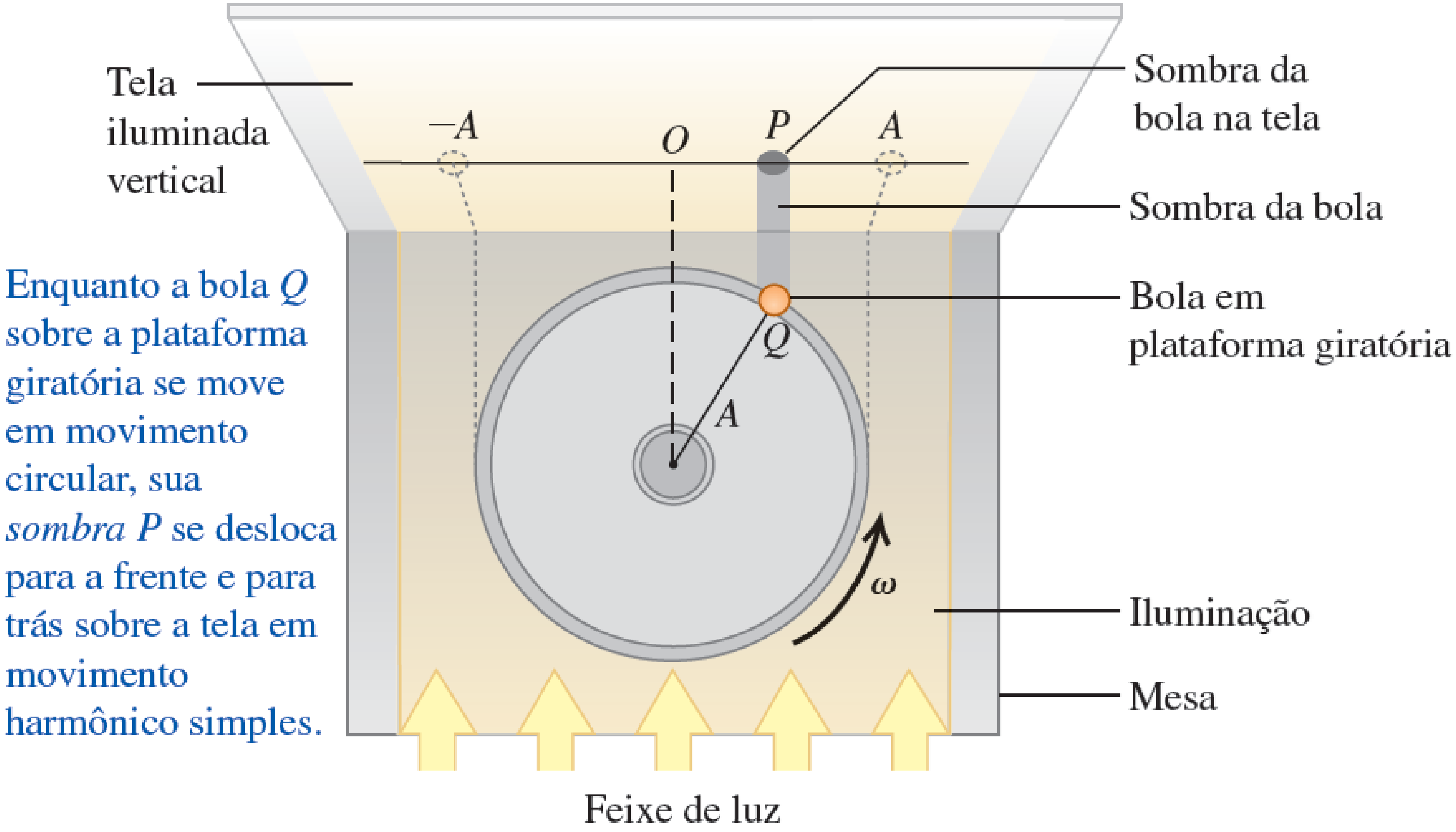


Oscilador harmonico simples



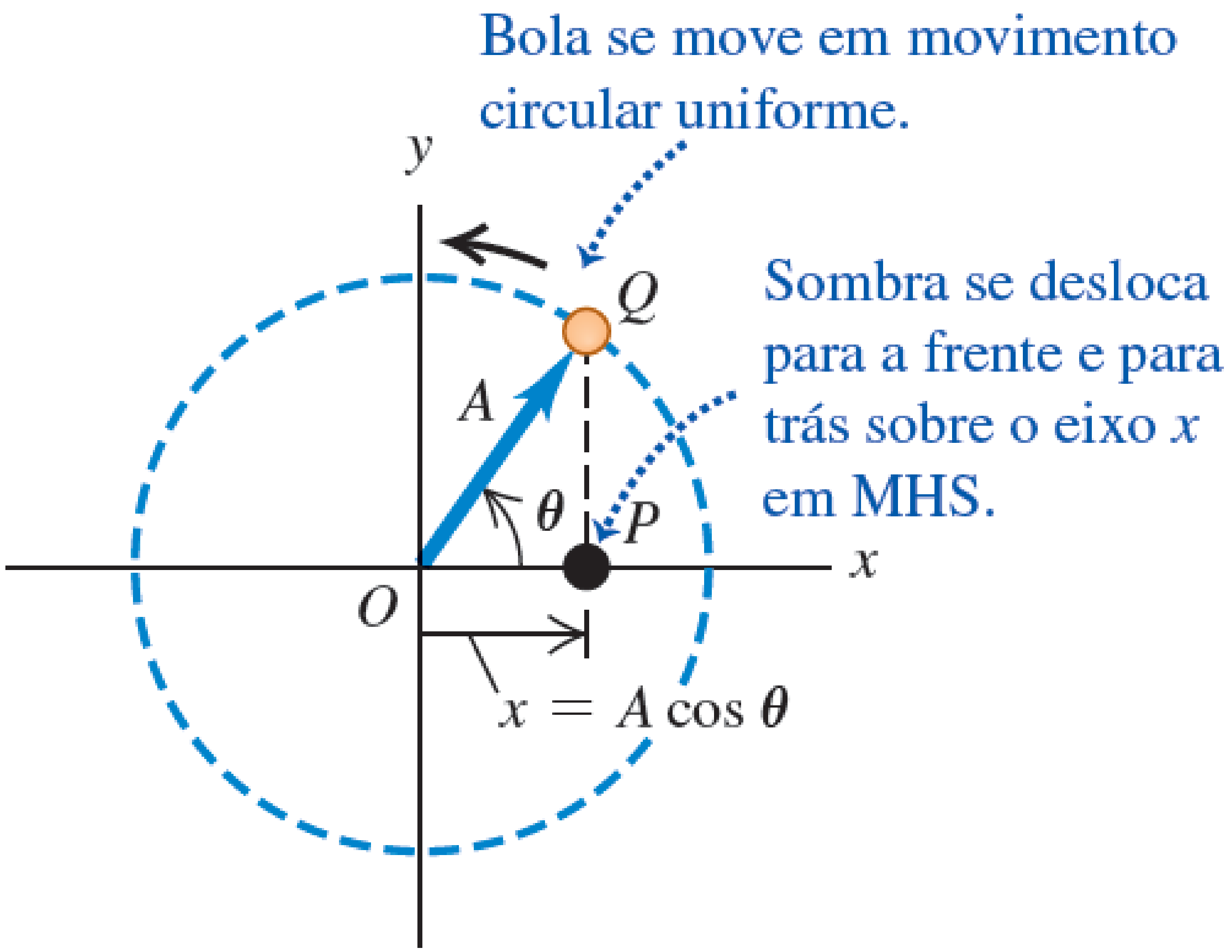
Movimento harmônico simples

- Visão do topo do aparelho para criar um círculo de referência:

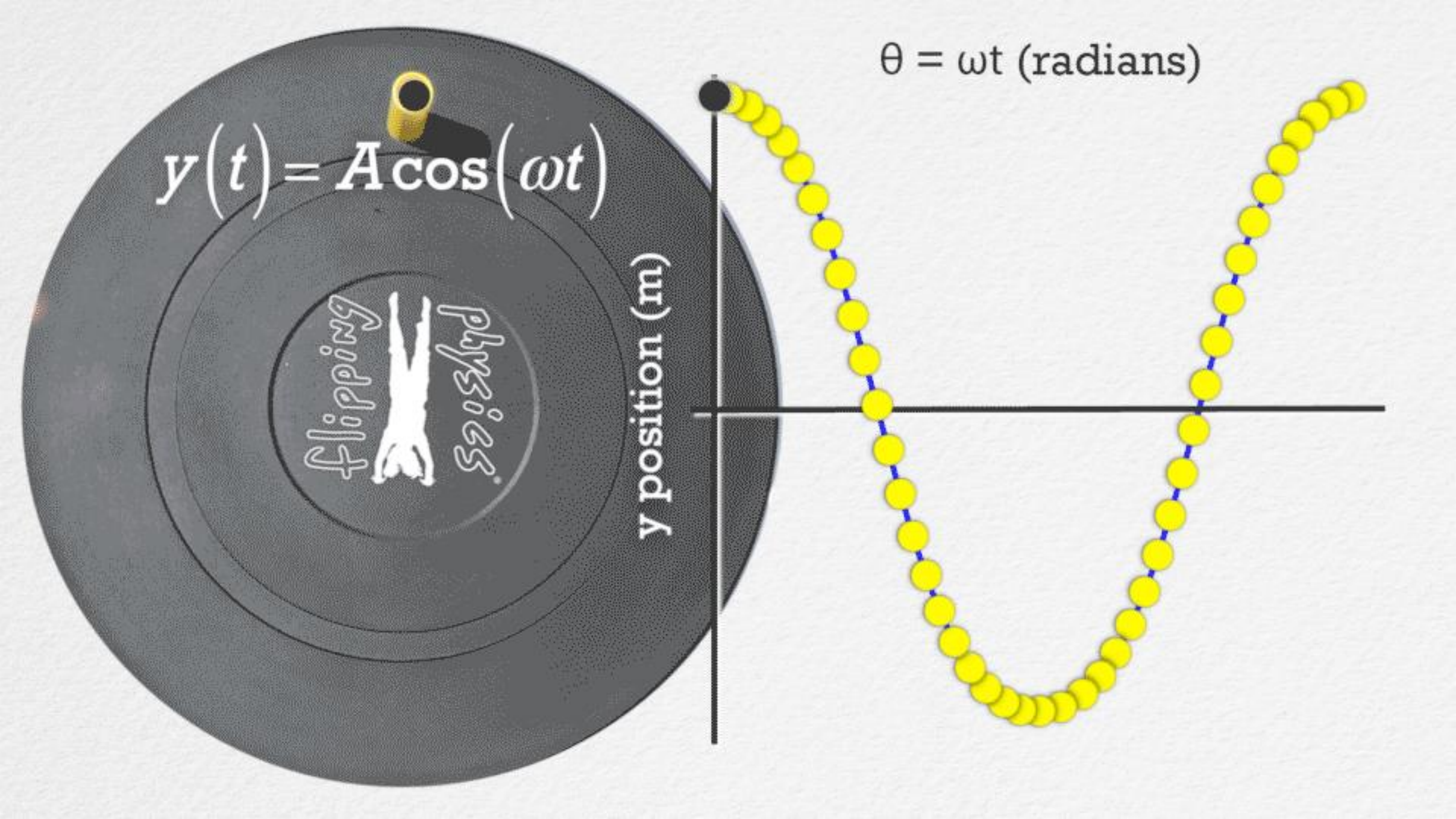


Movimento periódico - rotação

- Uma representação abstrata do movimento:

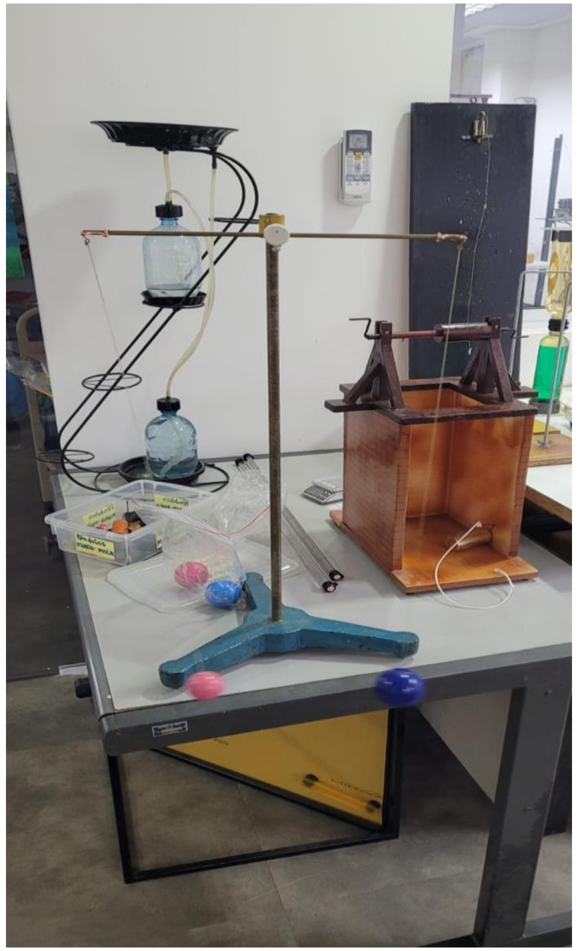


Movimento periódico - Posição



Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

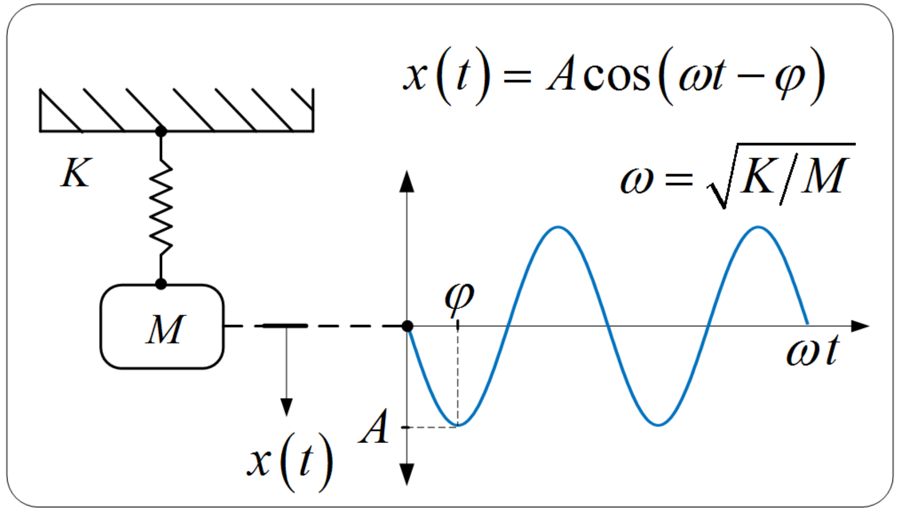
Pêndulo Simples



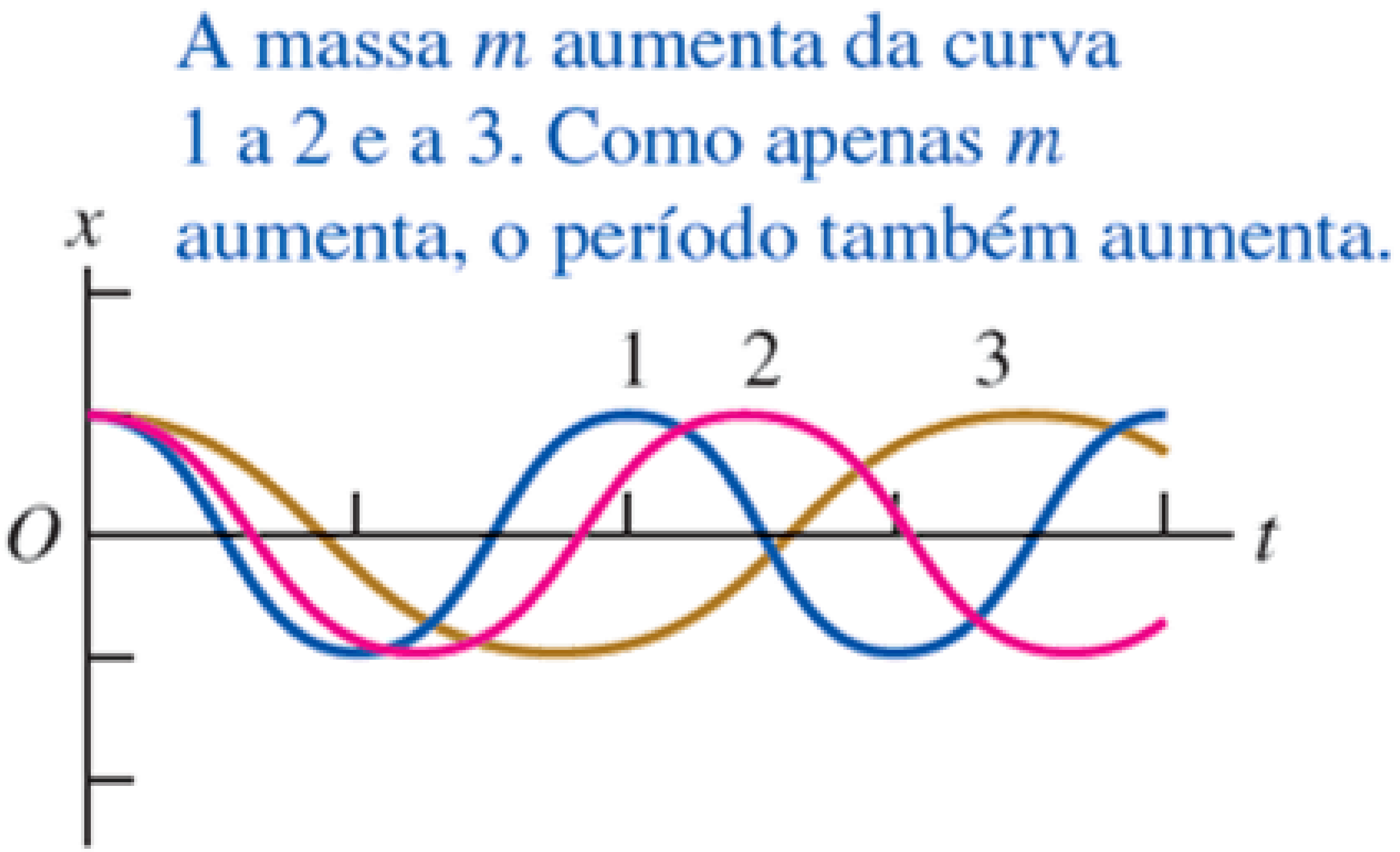
- A massa influencia a frequência ?
- No experimento de cordas diferentes, encontre a proporção entre as cordas medindo o período de oscilação dos dois pêndulos.

O que ocorre quando ?

- massa aumenta; A e k não variam

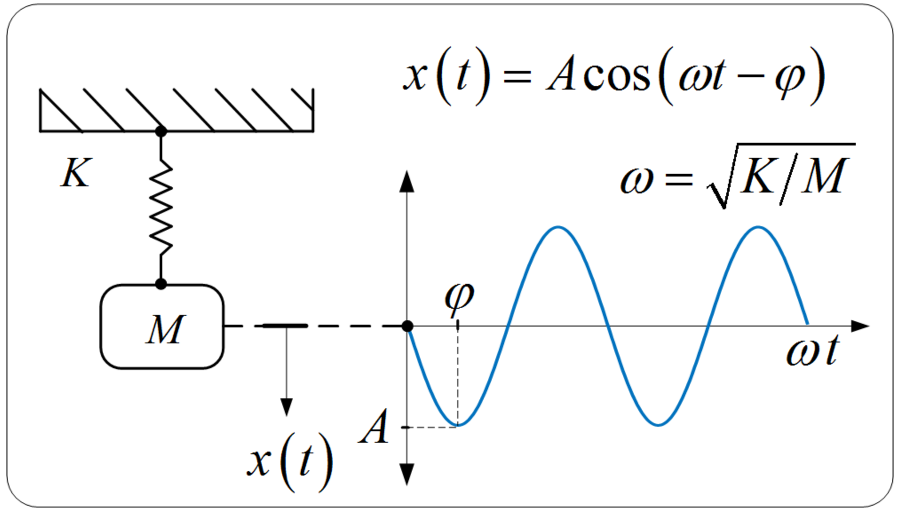


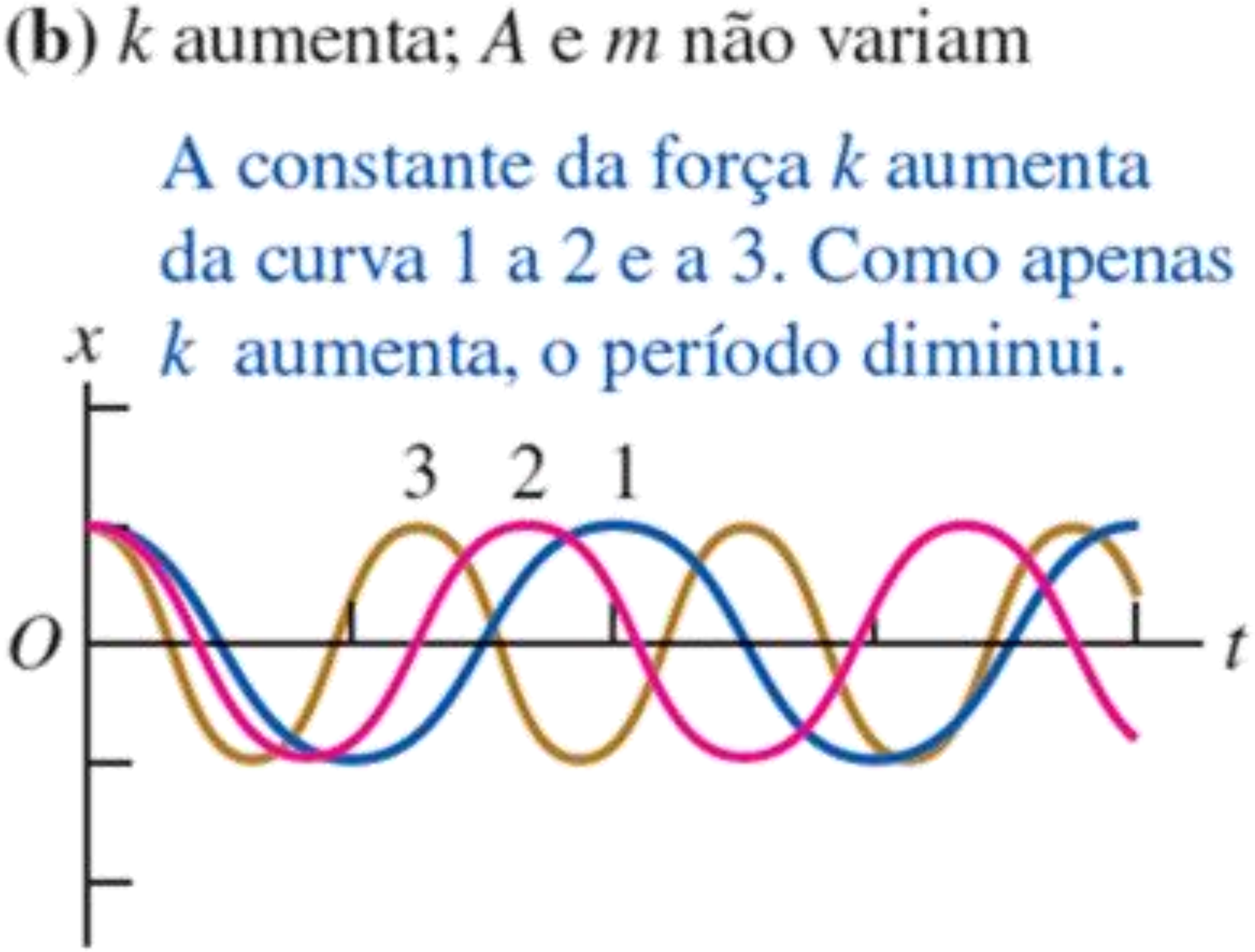
(a) *m* aumenta; *A* e *k* não variam



O que ocorre quando ?

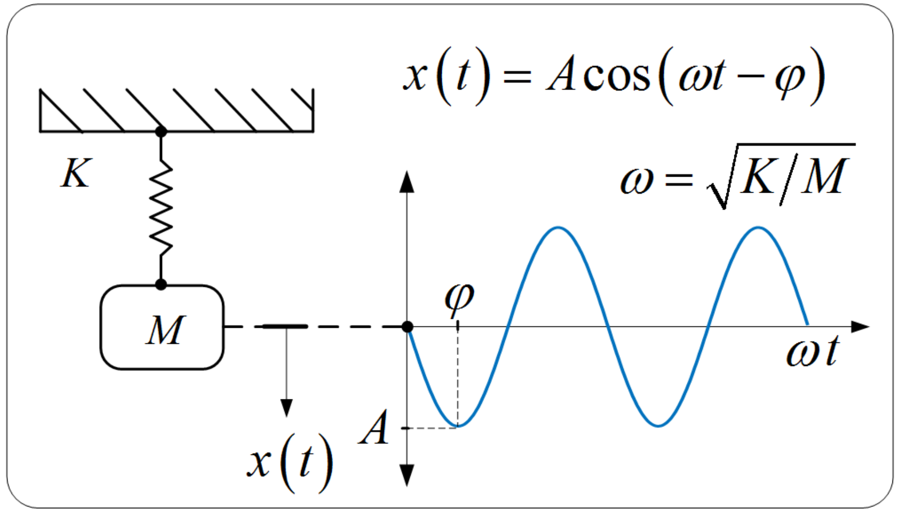
- k aumenta; A e m não variam

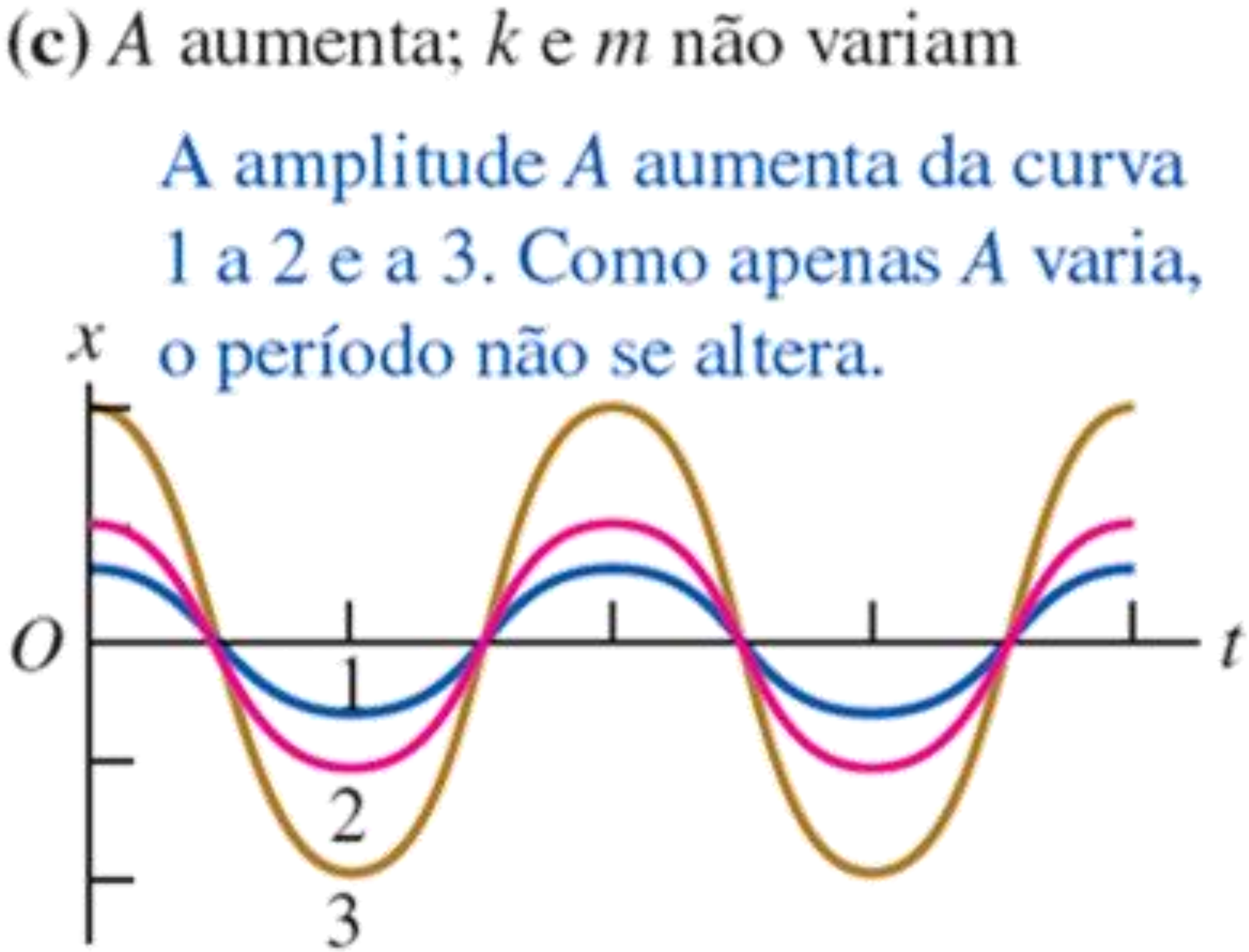




O que ocorre quando ?

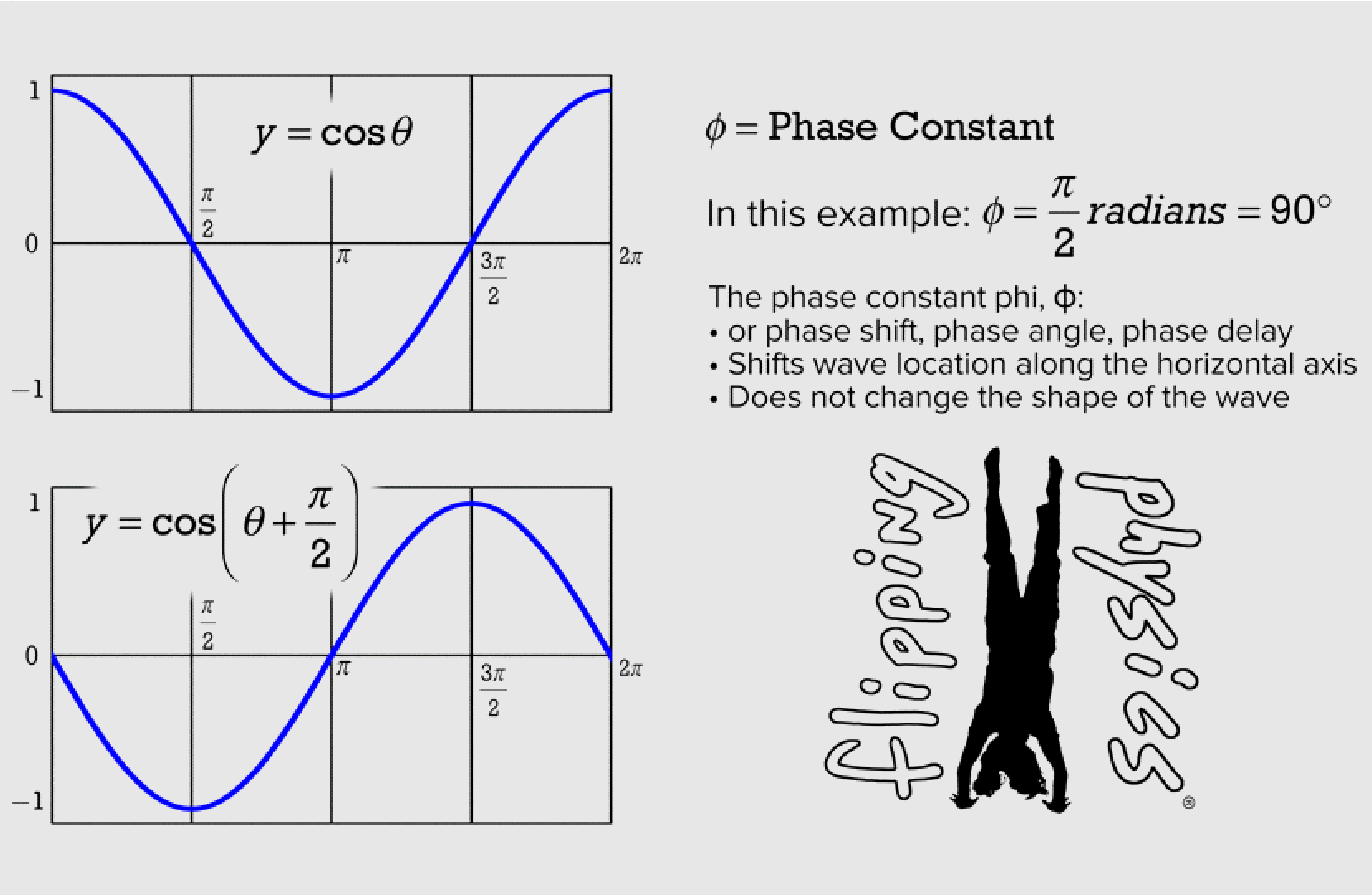
- A aumenta; k e m não variam



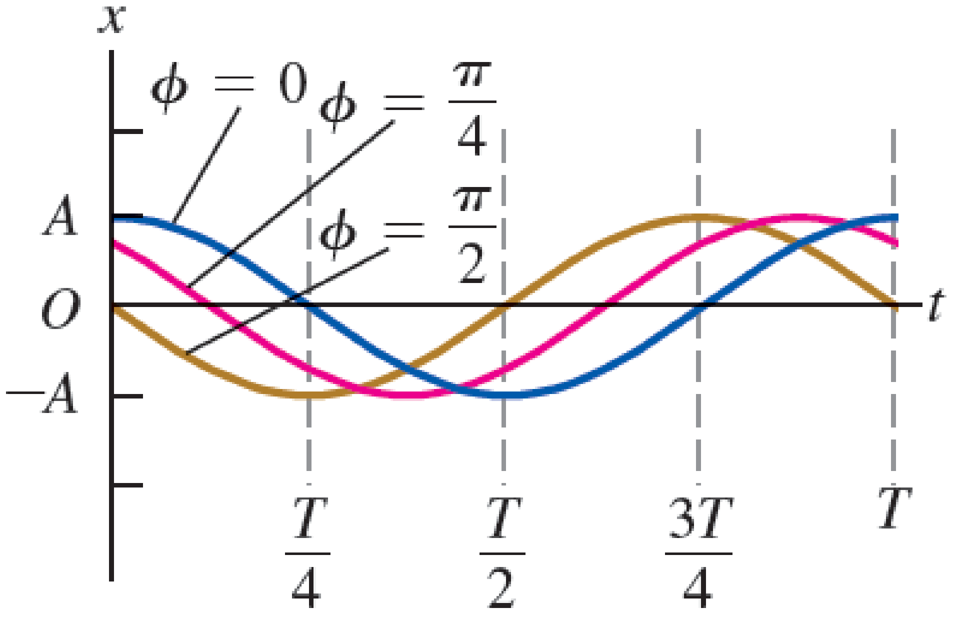


Efeito da fase

- mesmos *m*, *k* e *A*, com diferentes ângulos ϕ de fase:



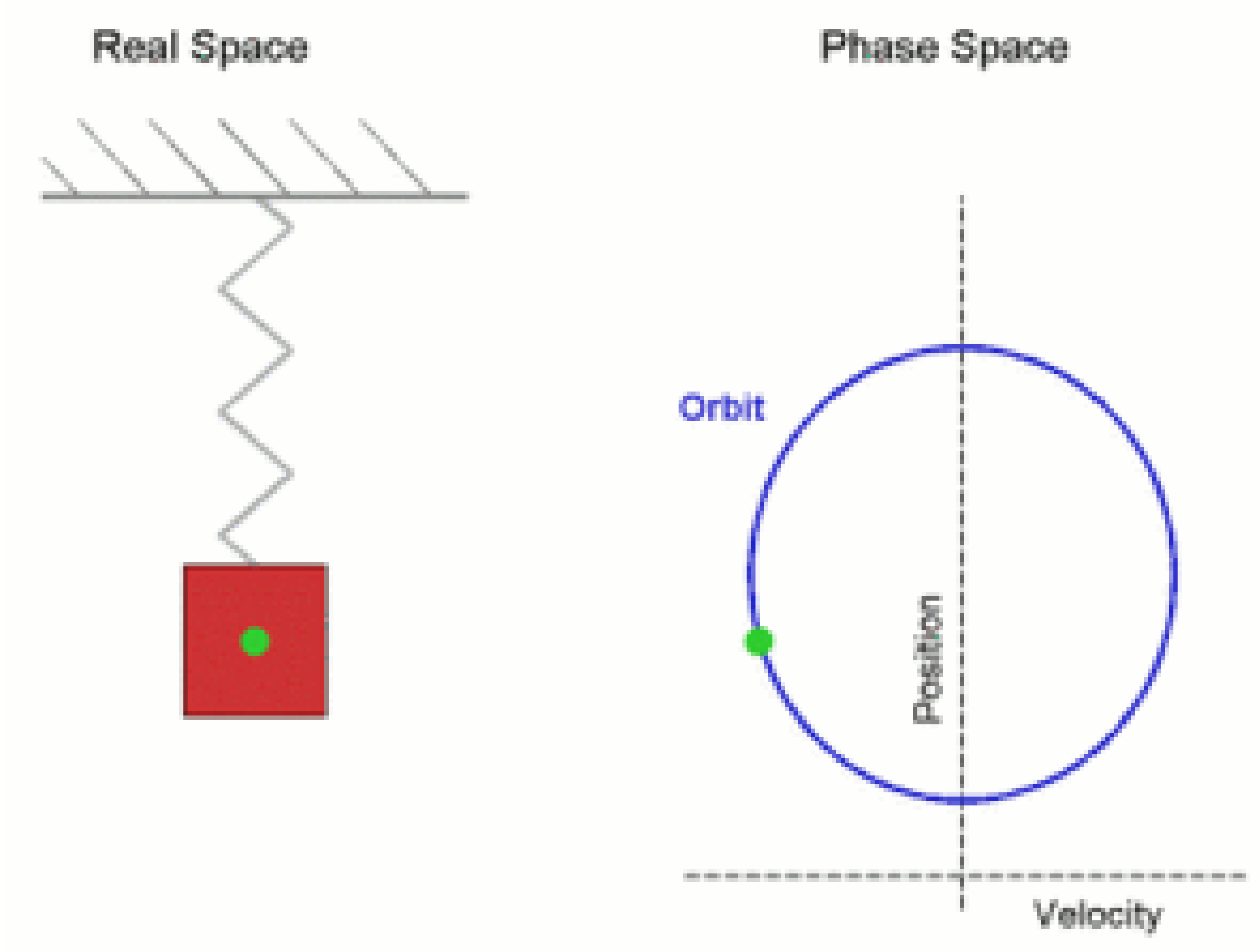
Estas três curvas mostram MHS com o mesmo período *T* e amplitude *A*, mas com ângulos ϕ de fase diferentes.



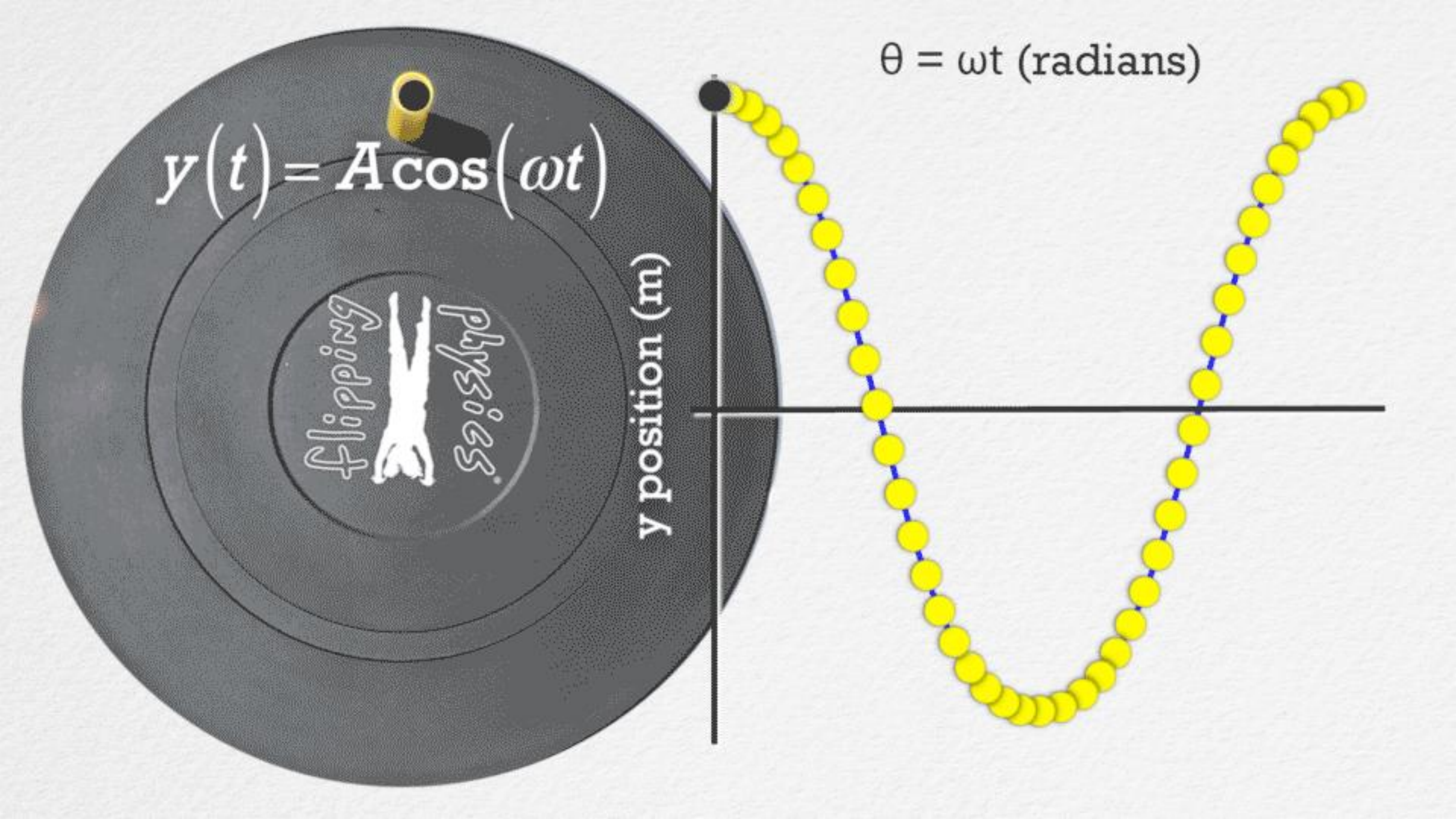
Oscilador harmônico simples

Velocidade (?)

Aceleração (?)



Movimento periódico - Posição

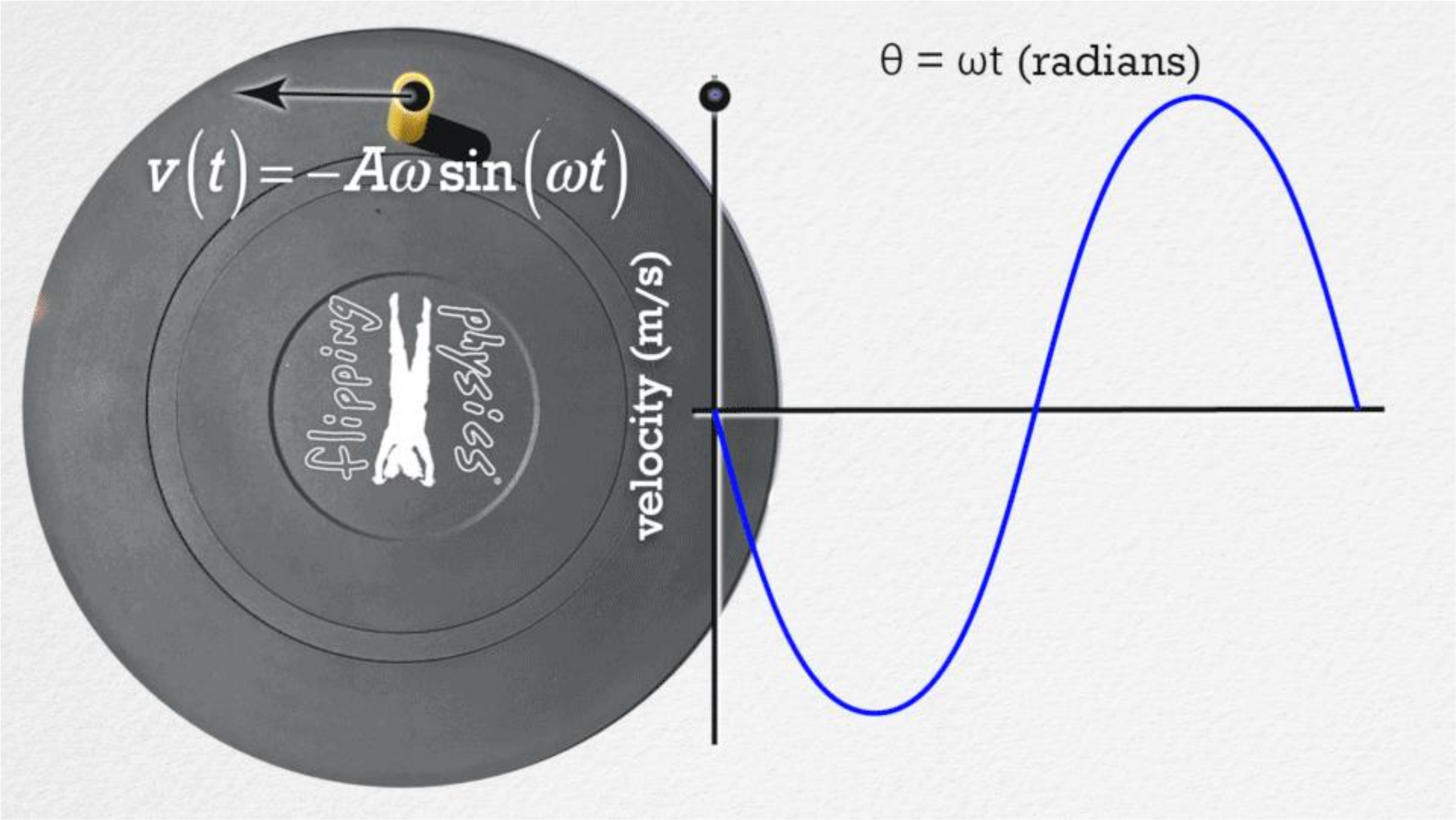


Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Derivadas importantes

$f(t)$	$df(t)/dt$
$a\, f(t)+b\, g(t)$	$a\, df(t)/dt+b\, dg(t)/dt$
$a-const.$	0
t^n	nt^{n-1}
$\sin \omega t$	$\omega \cos \omega t$
$\cos \omega t$	$-\omega \sin \omega t$
$e^{\lambda t}$	$\lambda e^{\lambda t}$
$\ln \lambda t$	t^{-1}

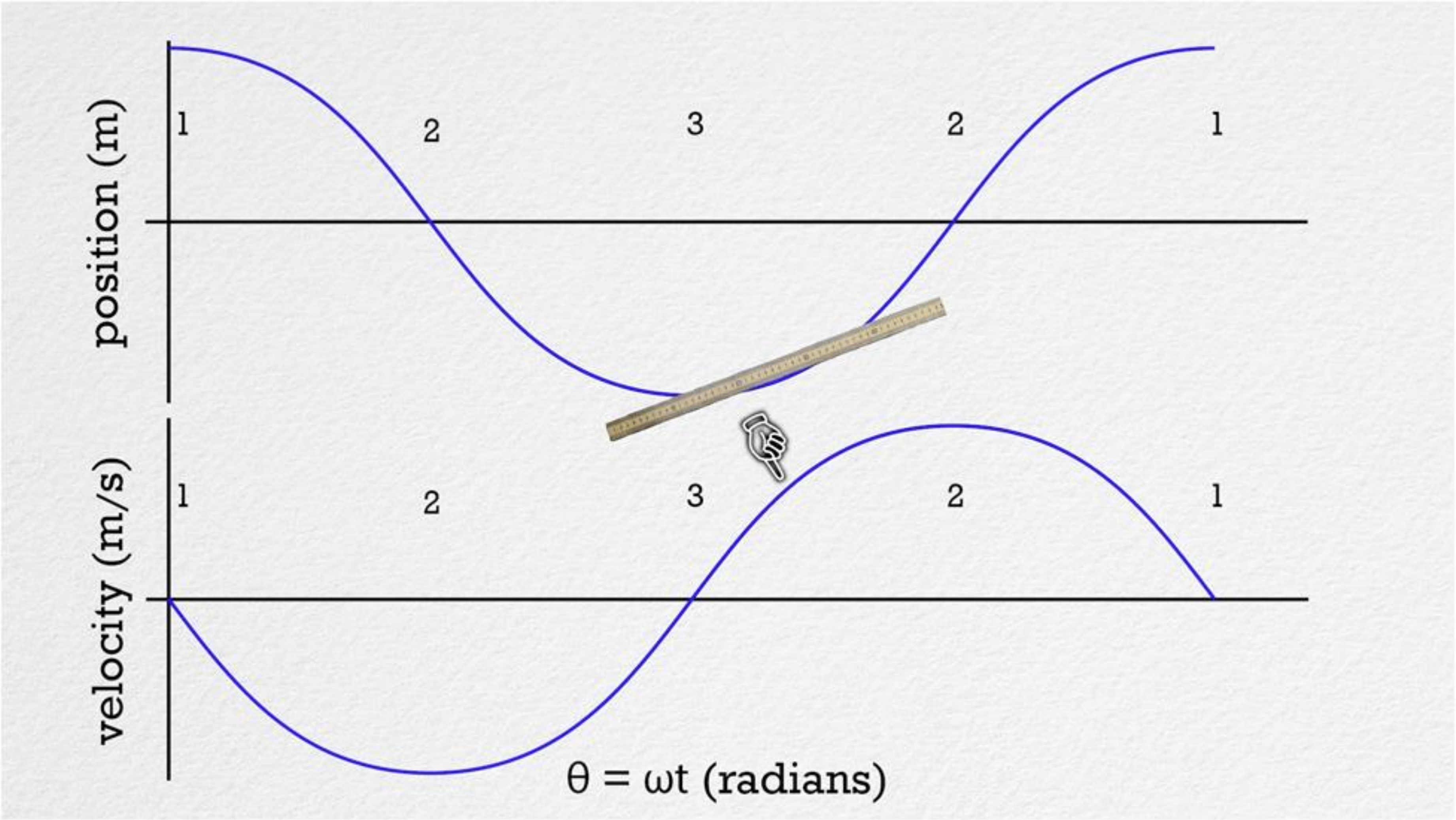
Movimento periódico - Velocidade



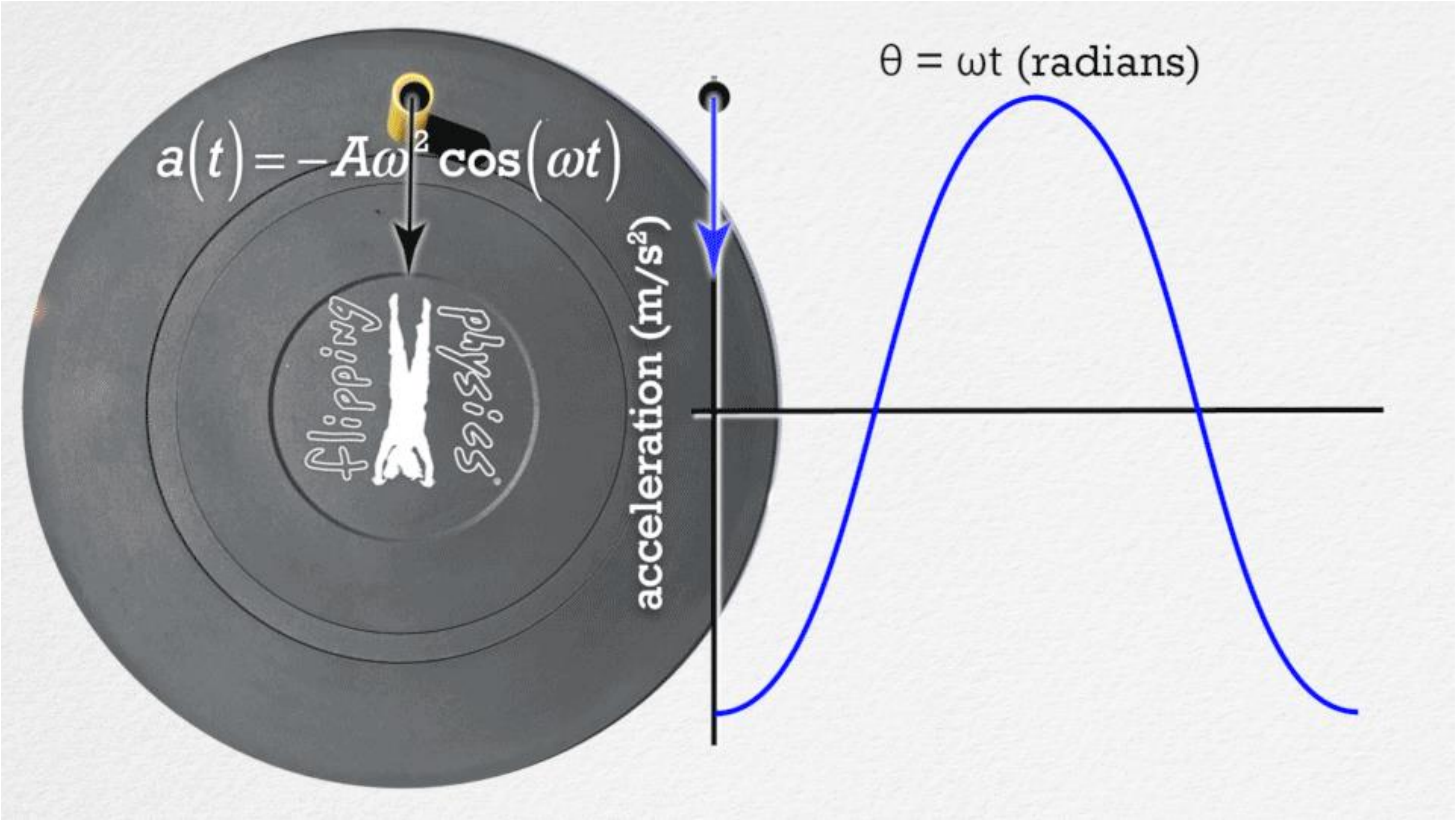
Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Posição e velocidade

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} \Rightarrow \text{velocity} = \text{slope of position vs. time}$$



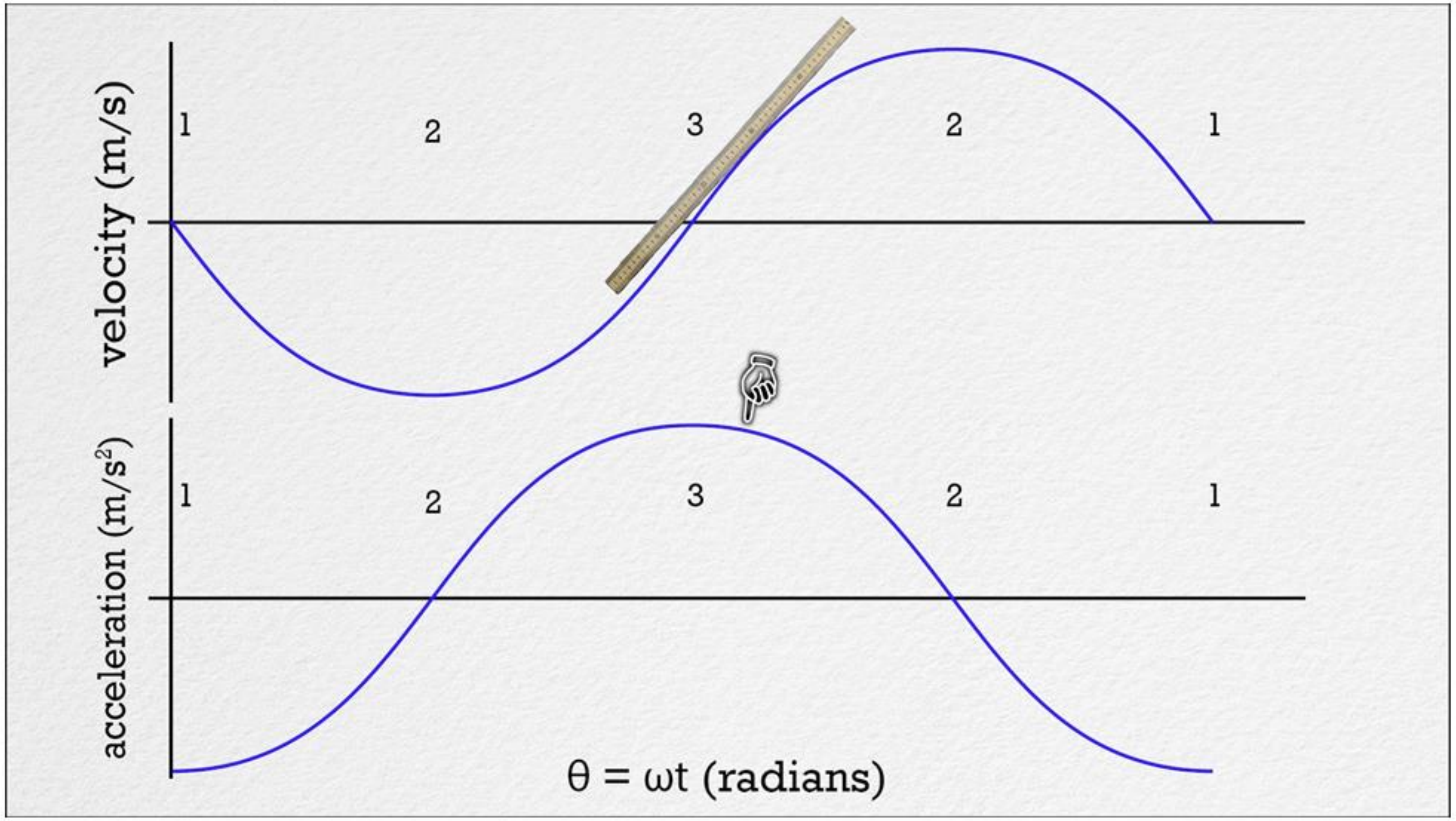
Movimento periódico - Aceleração

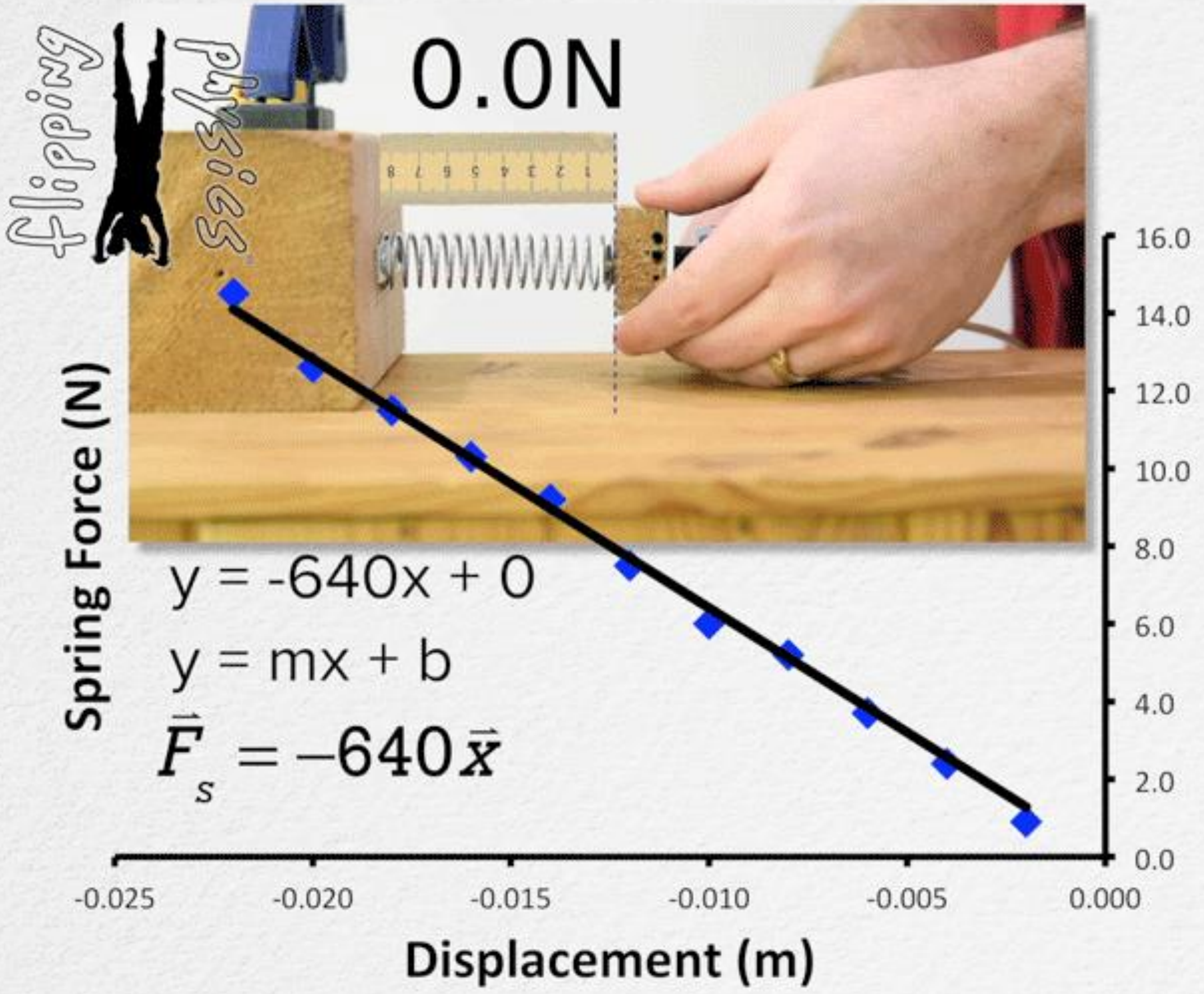


Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Velocidade e aceleração

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \text{acceleration} = \text{slope of velocity vs. time}$$





Spring Force (N)	x (m)
0.9	-0.002
2.4	-0.004
3.7	-0.006
5.2	-0.008
6.0	-0.010
7.5	-0.012
9.2	-0.014
10.3	-0.016
11.5	-0.018
12.6	-0.020
14.5	-0.022

Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Energia no movimento harmônico simples

Massa   Constante de força da força restauradora

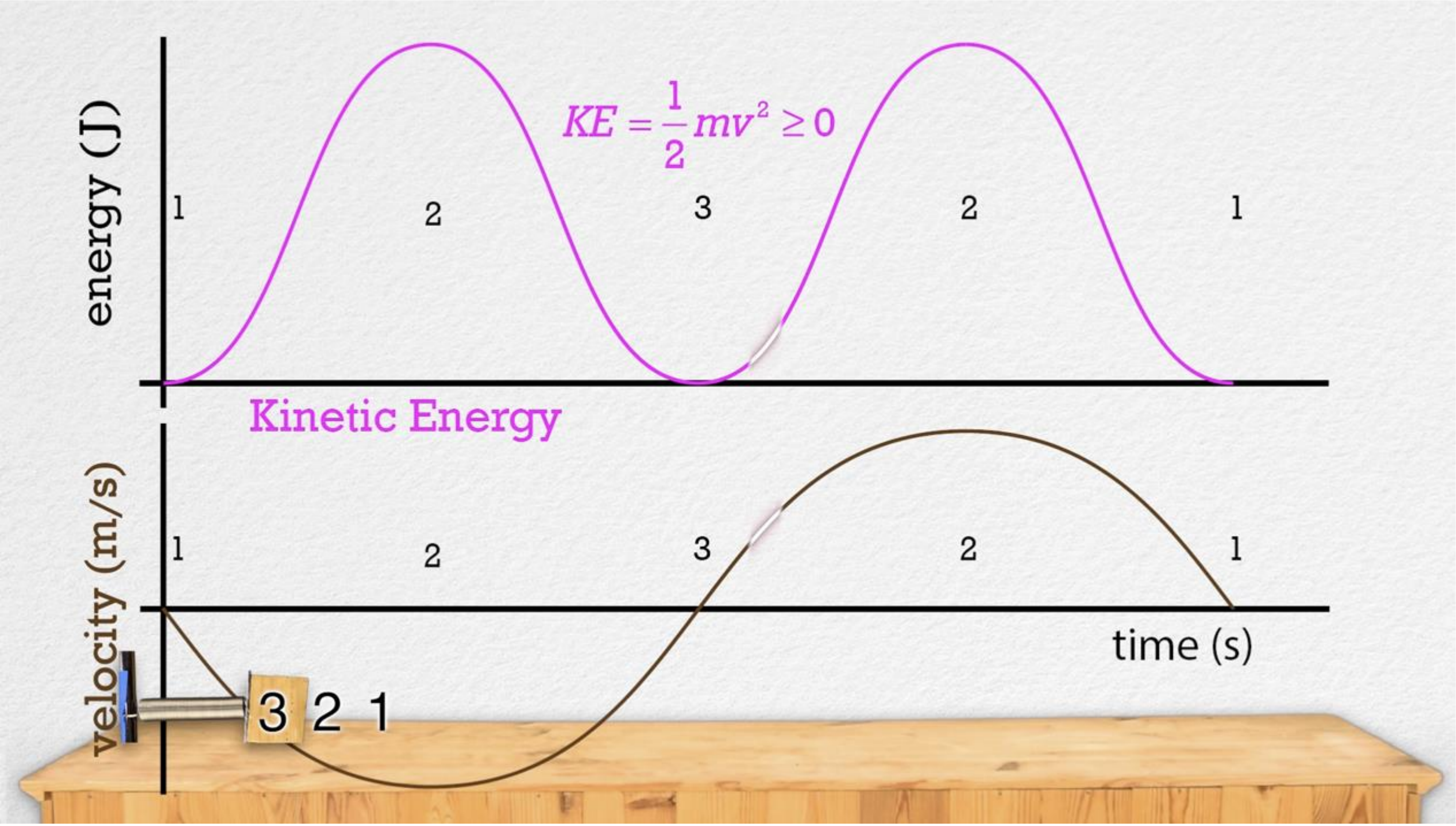
Energia mecânica total no MHS

$$E = \frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{constante}$$

Velocidade   Deslocamento   Amplitude

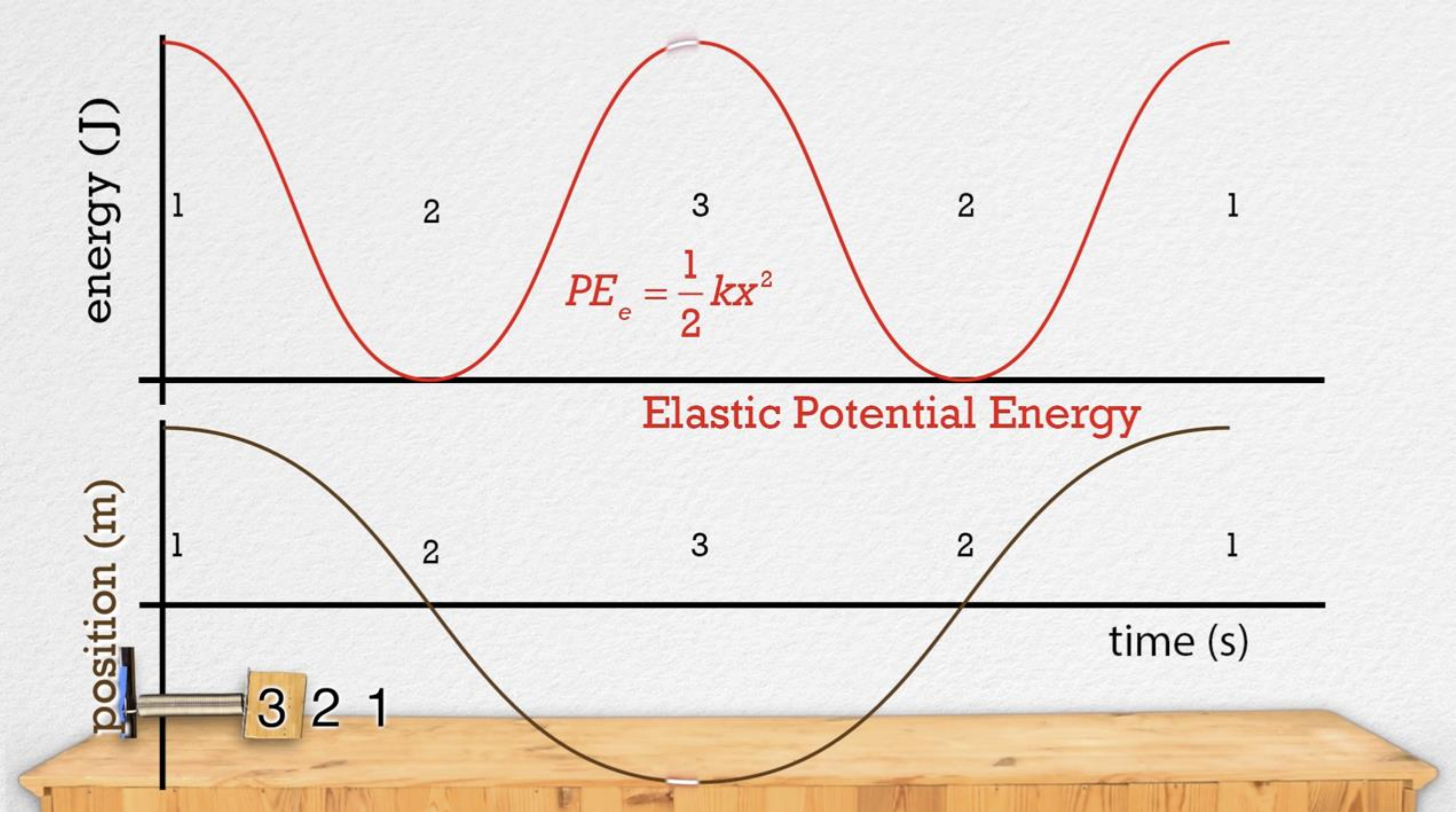
- Como seria o comportamento da *E*, *K* e *U* em função do deslocamento em MHS ?
- A velocidade do corpo não é constante, portanto essas imagens do corpo em posições com intervalos espaciais iguais entre si não estão posicionadas em intervalos iguais no tempo.

Energia Cinética



Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Energia potencial



Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Energia potencial

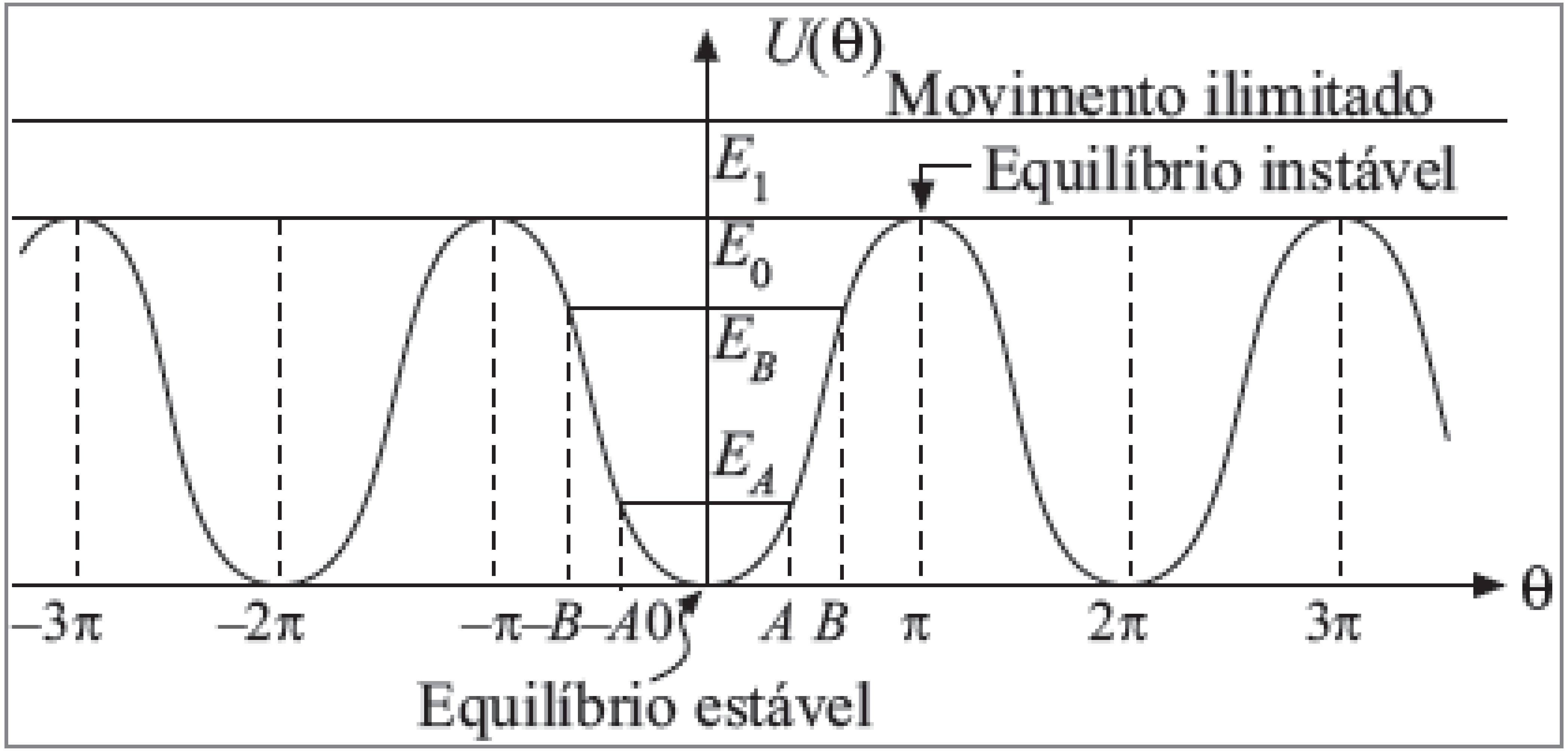
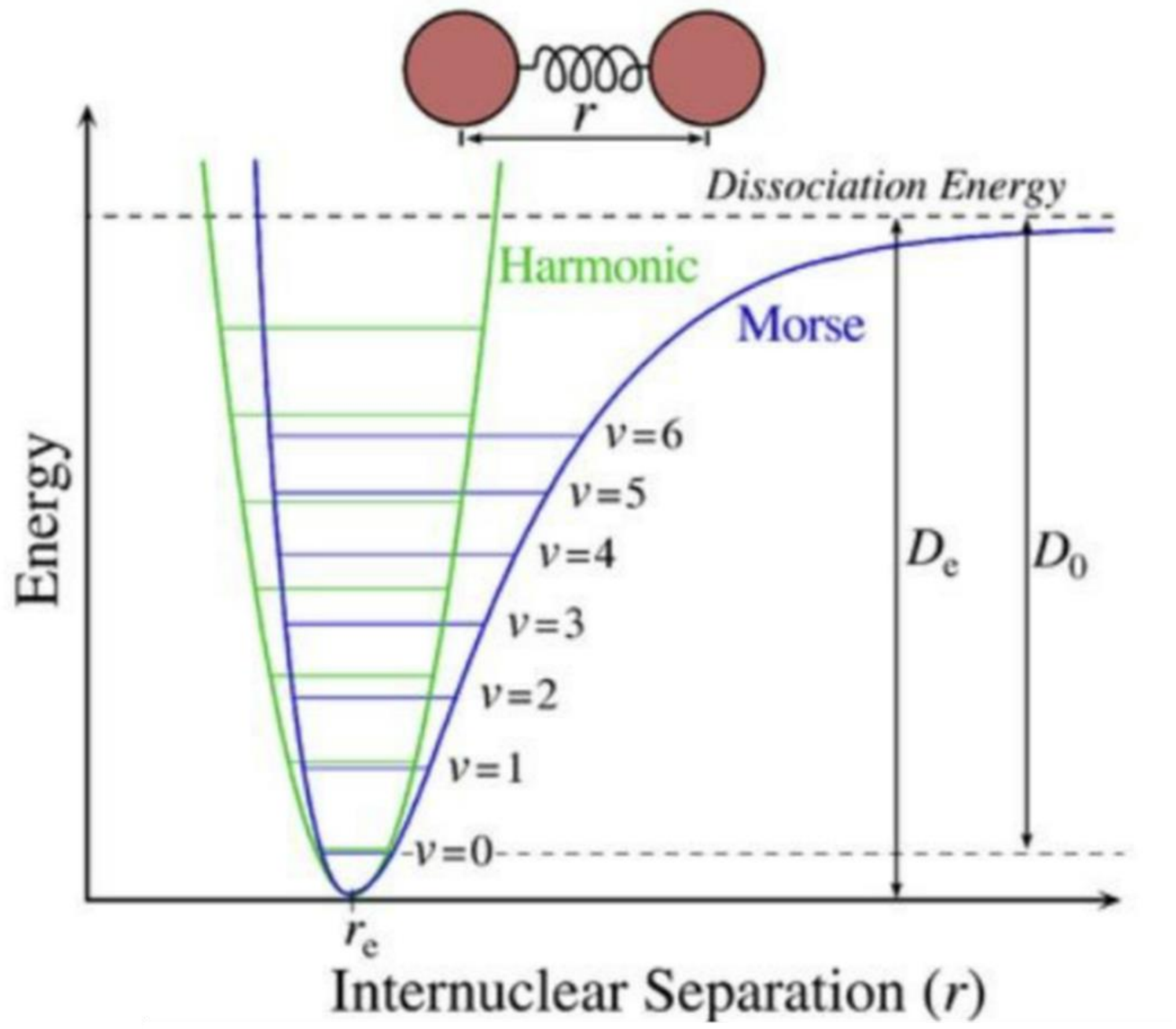
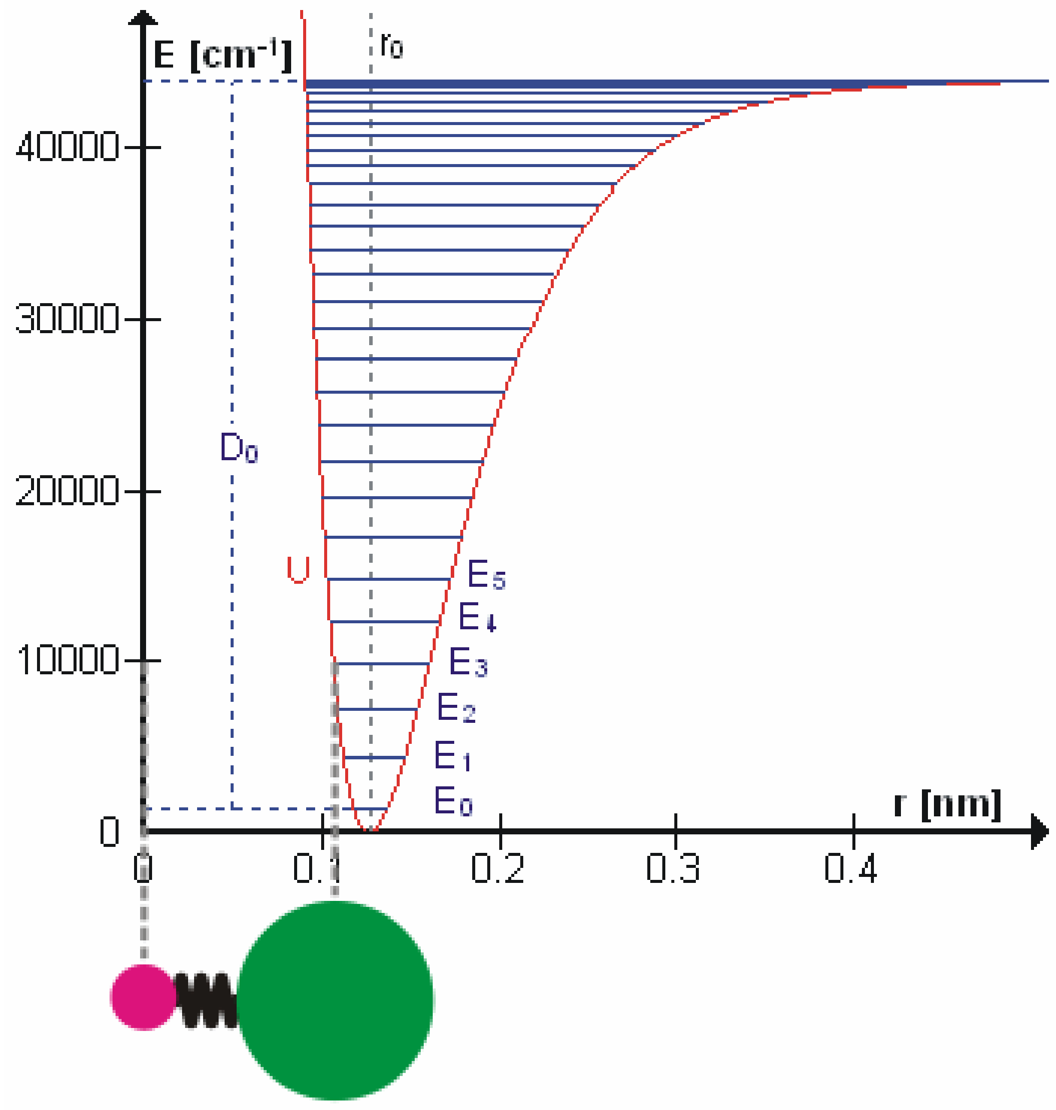


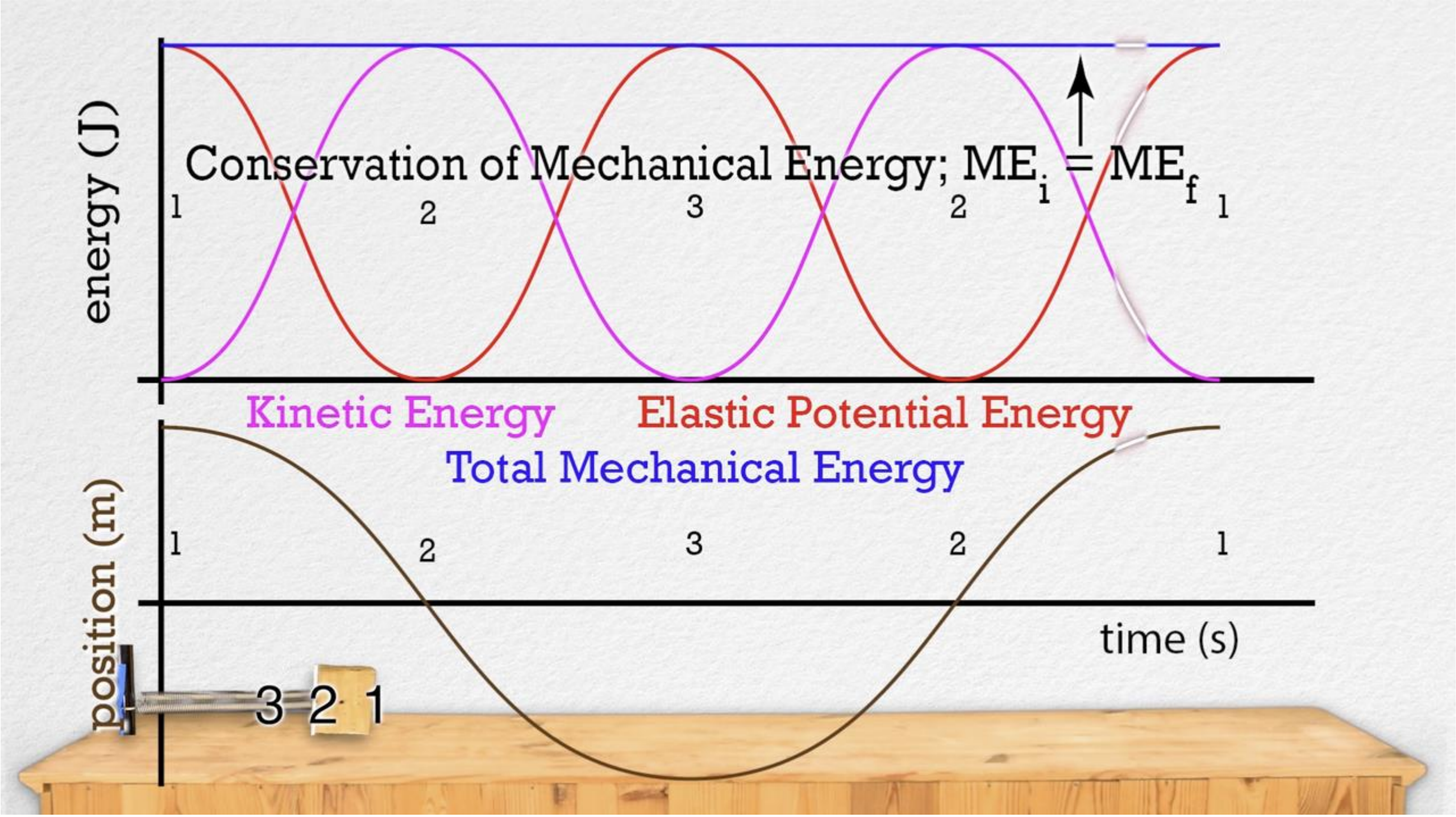
Figura 3.10 Energia potencial do pêndulo.

Energia potencial



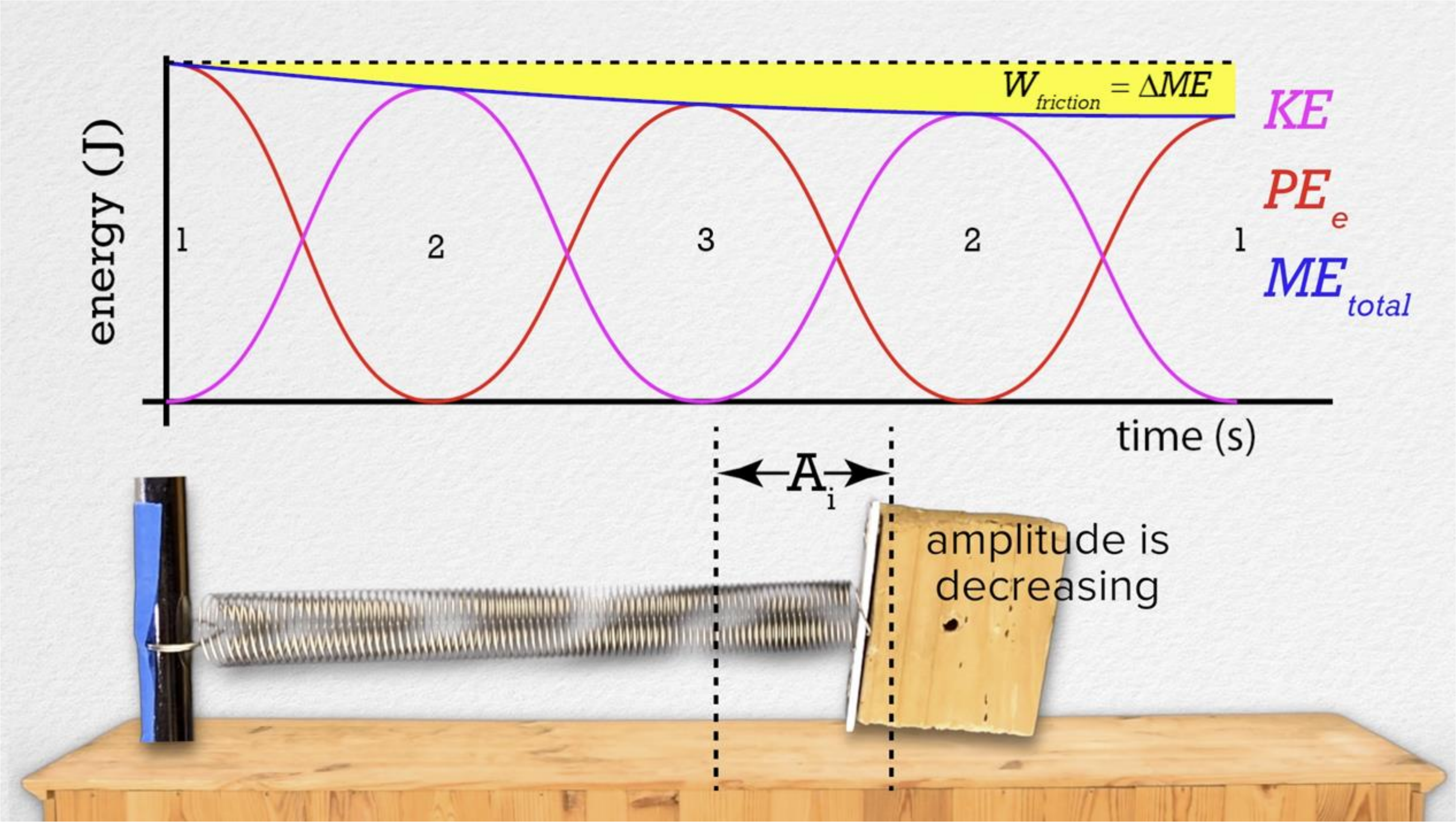


Energia total



Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Vida real …



Fonte: Simple Harmonic Motion Animated GIFs by Flipping Physics

Vida real …

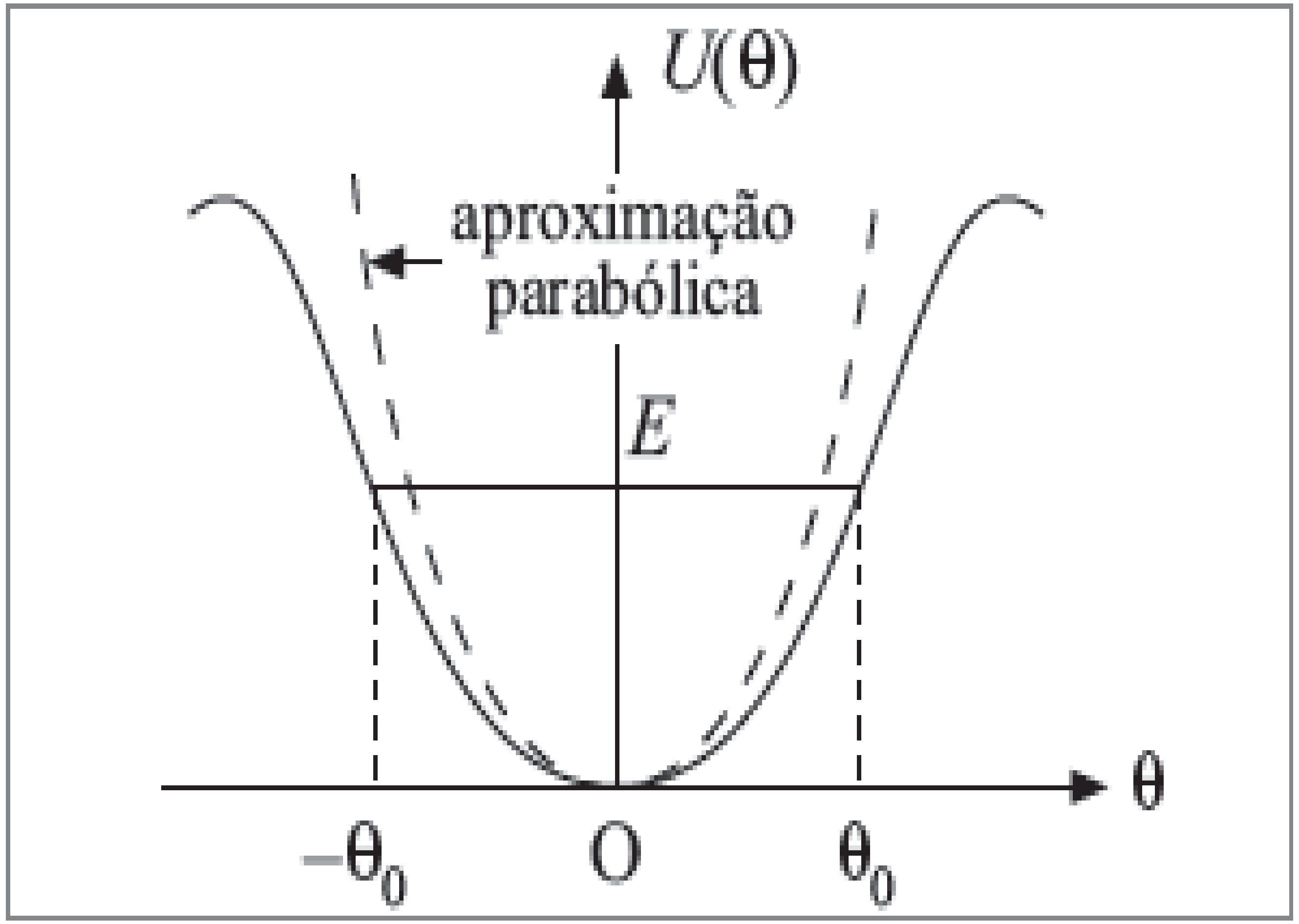
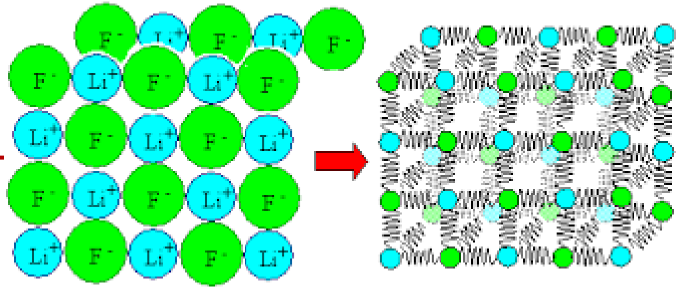


Figura 3.12 Energia potencial para grandes amplitudes.



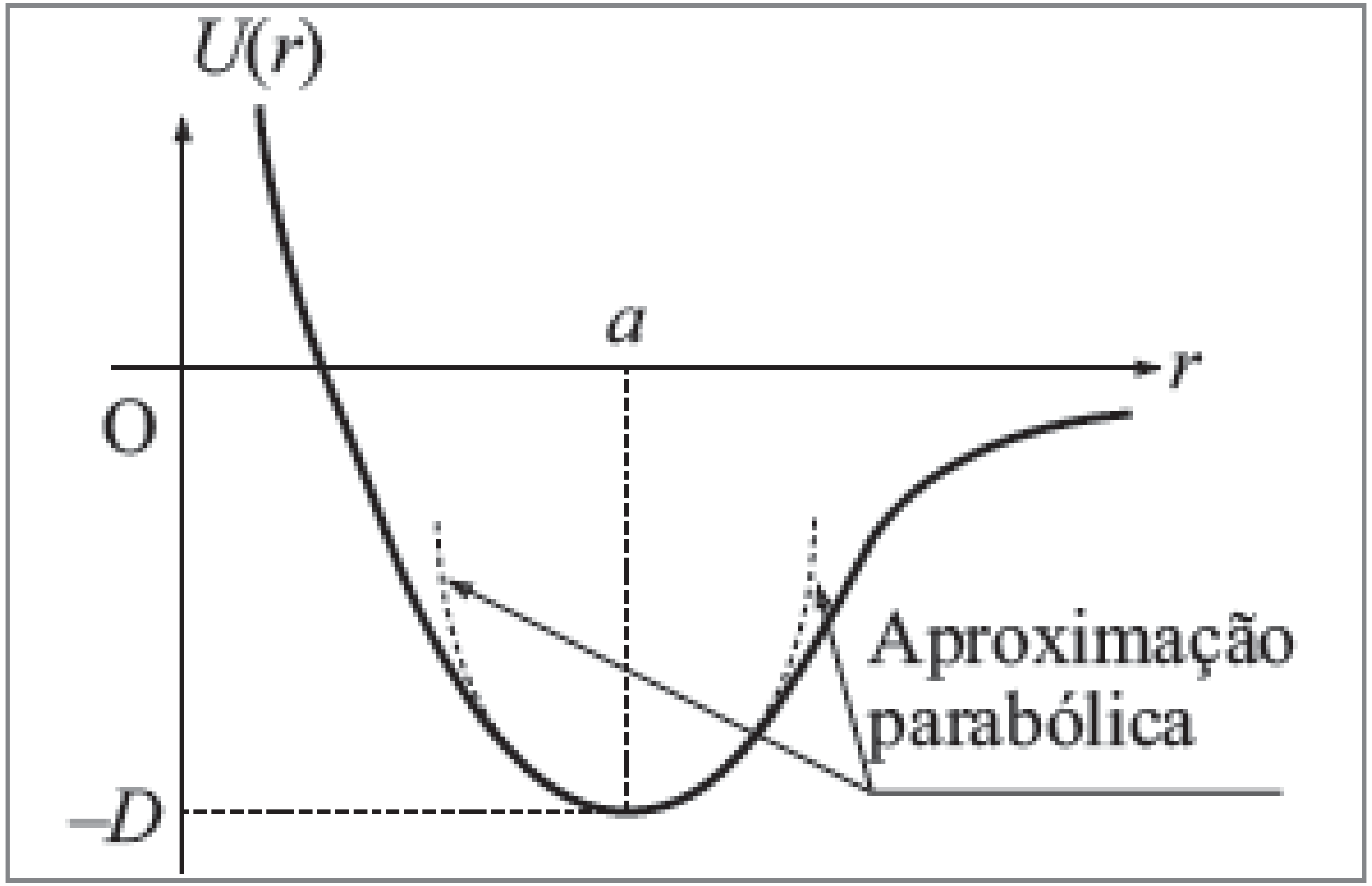
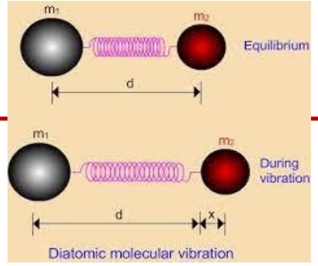
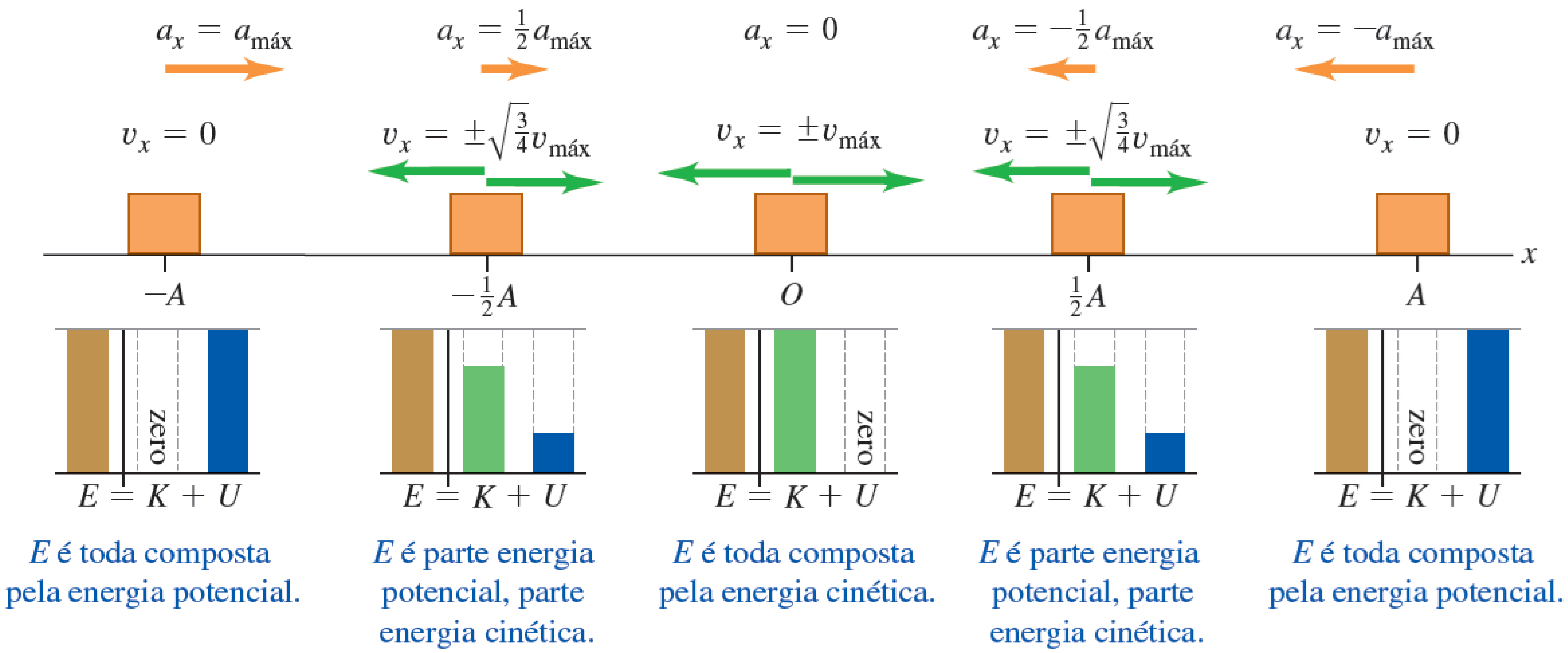


Figura 3.17 Energia potencial de molécula diatômica.



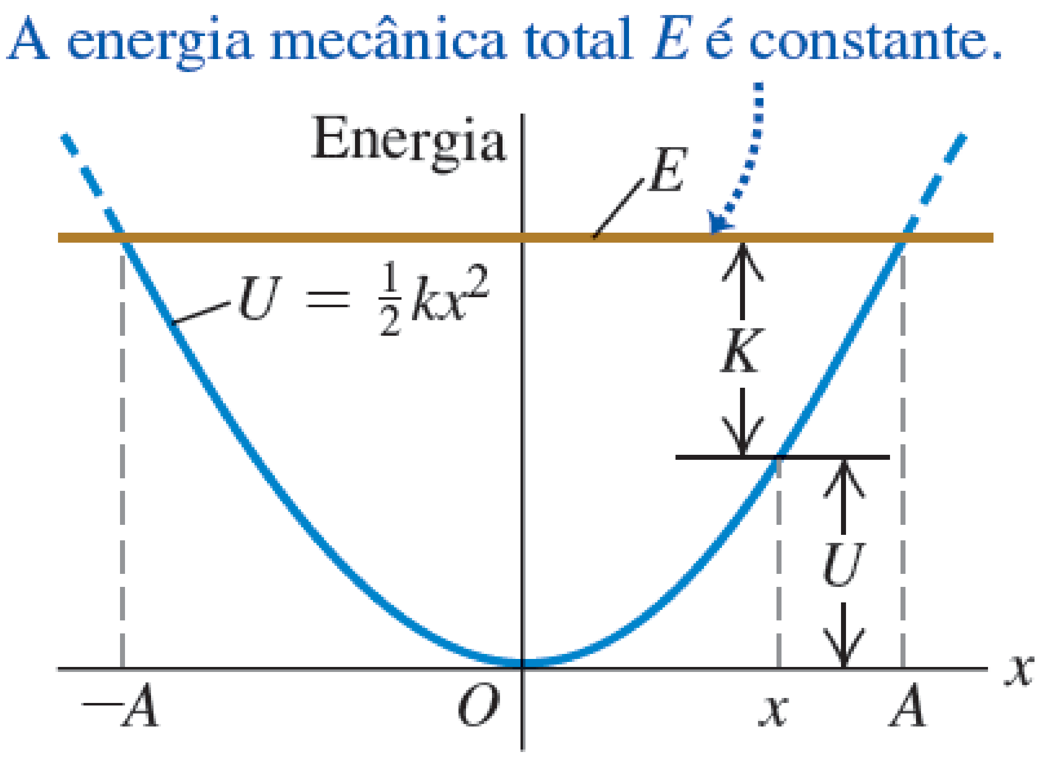
Energia no movimento harmônico simples

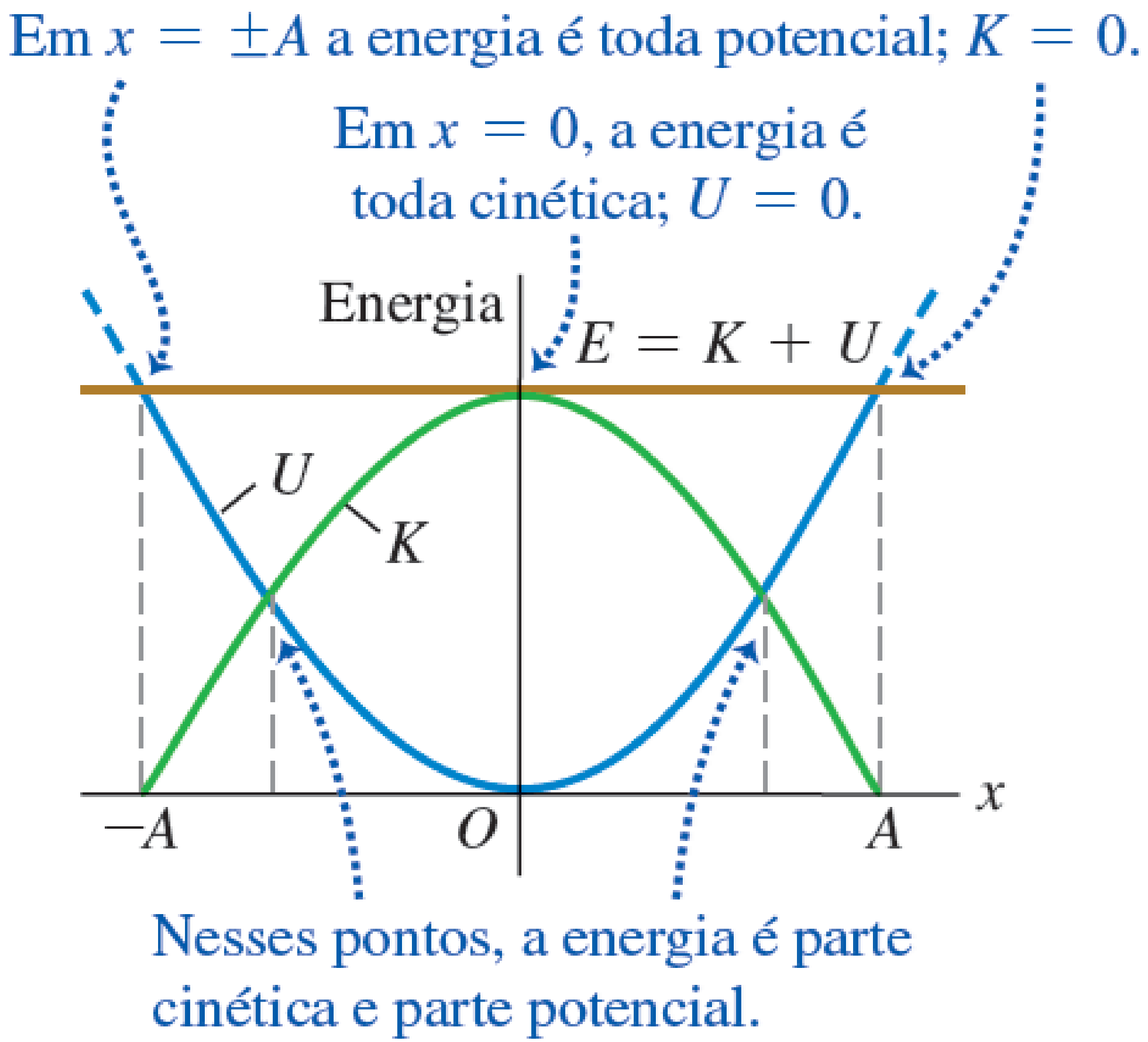


Energia no movimento harmônico simples

- Energia cinética *K*, energia potencial *U* e energia mecânica total *E* em função da posição no MHS:

deslocamento x





Sumário – 12/04/2024

- Oscilador Harmônico Simples

Devolutiva:

- Como foi a aula hoje ? (Moodle)

https://forms.gle/hSMESUWHUWYcttFu9