

Física 2 – Ciências Moleculares

Caetano R. Miranda ***AULA 15 – 30/04/2025***

crmiranda@usp.br



Cronograma

CRONOGRAMA TENTATIVO - FÍSICA II - CCM					
DATA	aula n°	Segundas (16h - 18h)	aula n°	Quartas (09h - 12h)	DATA
24/2	1	Apresentação do curso	2	Projeto - Definição	26/2
3/3	Feriado	Carnaval	Feriado	Carnaval	5/3
10/3	3	Revisão matemática	4	Projeto - Ideação	12/3
17/3	5	DEMO 1 - Pressão	6	Estática dos Fluidos	19/3
24/3	7	DEMO 2 - Hidrodinâmica	8	Hidrodinâmica	26/3
31/3	9	DEMO 3 - Hidrodinâmica II	10	Hidrodinâmica	2/4
7/4	11	Revisão - P1	12	PROVA 1	9/4 ENTREGA 1
14/4	Feriado	Semana Santa	Feriado	Semana Santa	16/4
21/4	Feriado	Tiradentes	13	Oscilações I	23/4
28/4	14	DEMO 4 - Corda vibrante / Molas / Ondulatória	15	Oscilações II	30/4
5/5	16	Ondas	17	Ondas	7/5
12/5	18	DEMO 5 - Barulhinho bom	19	Som	14/5
19/5	20	Revisão - P2	21	PROVA 2	21/5 ENTREGA 2
26/5	22	DEMO 6 - Fenômenos Térmicos e Gases	23	Primeira Lei e Gases	28/5
2/6	24	DEMO 7 - Máquinas térmicas	25	Segunda Lei	4/6
9/6	26	DEMO 8 - Cinética & Mecânica Estatística	27	Cinética dos Gases e Mecânica Estatística	11/6
16/6	Feriado	Corpus Christi	Feriado	Corpus Christi	18/6
23/6	28	Projeto	29	Apresentações	25/6 ENTREGA 3
30/6	30	PROVA SUB	31	VISTA	2/7

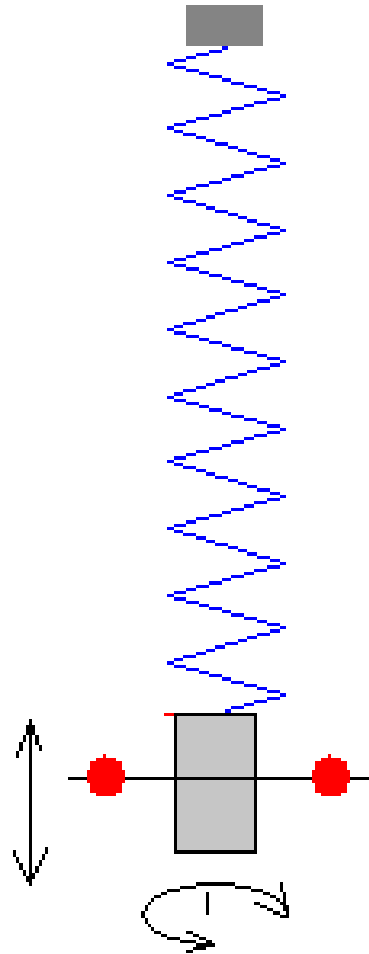
Sistema massa/mola:



Diferentes constantes de mola;



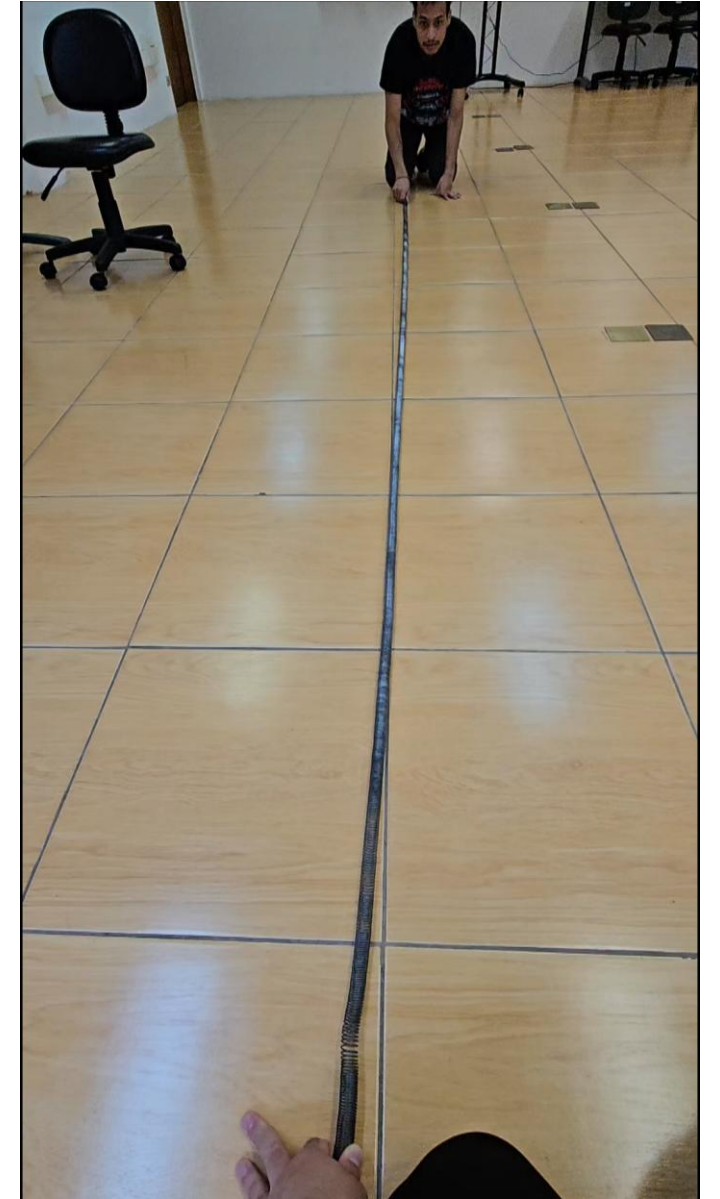
Pêndulo de Wilberforce:



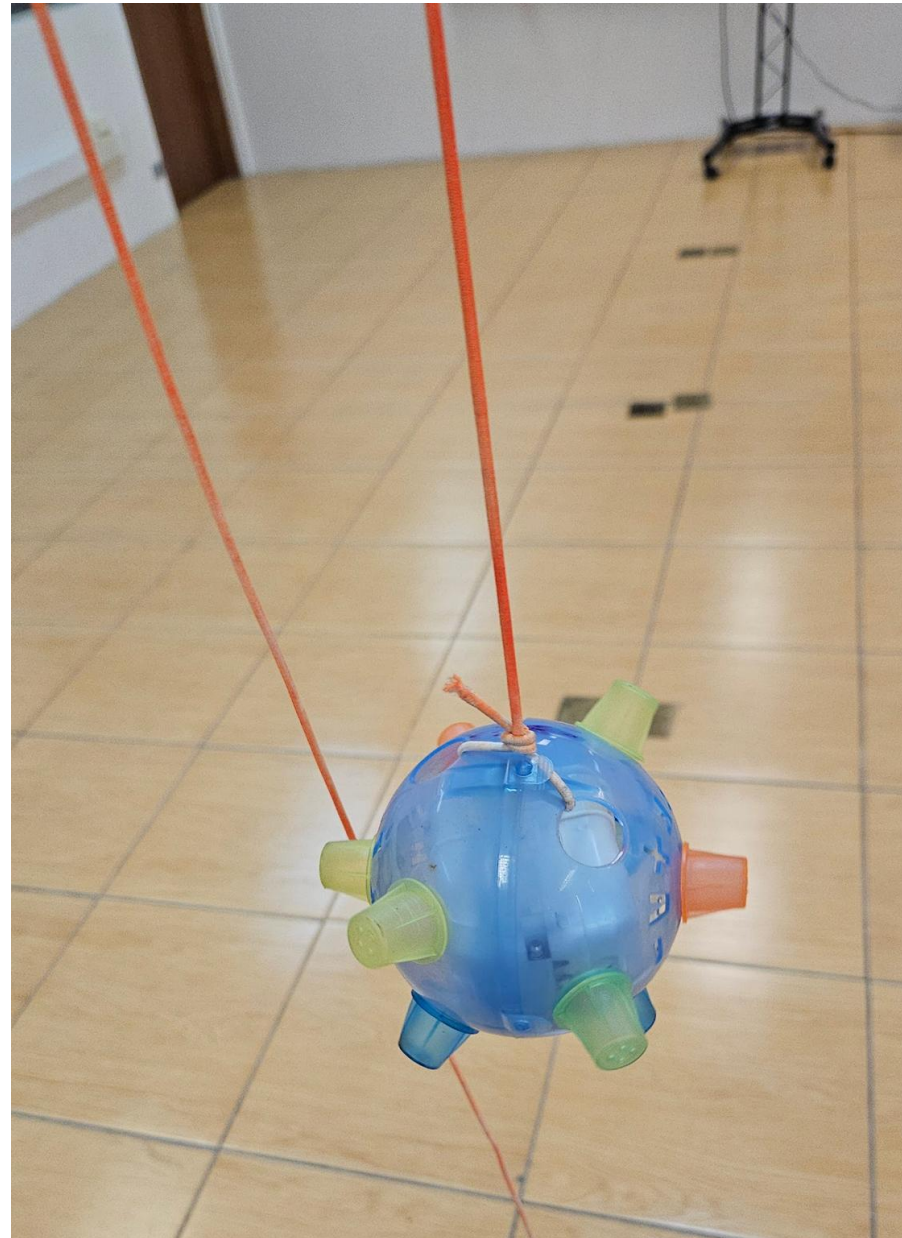
Pêndulo de torção:



Molas diferentes: propagação de onda na longitudinal e na transversal



Esfera vibrando:



Demandas:

- Variar os pesos no sistema massa mola, determinar a frequência de oscilações e a constante elástica da mola. Como as massas influenciam na frequência?
- Qual a relação entre o pêndulo de Wilberforce e a máquina de lavar? Como a energia é transferida da oscilação vertical para a angular?
- Observe a propagação das ondas transversais e longitudinais e discuta qualitativamente a formação de nós, discuta com relação a diferença entre as molas e a esfera que vibra.
- Determinar o tempo de dez oscilações do pêndulo de torção no ar e no óleo. Discutir o fenômeno.

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

- O que é um pêndulo físico e como calcular as propriedades de seu movimento.
 - Como analisar os movimentos de um pêndulo simples.
 - O que determina o quanto 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.
-

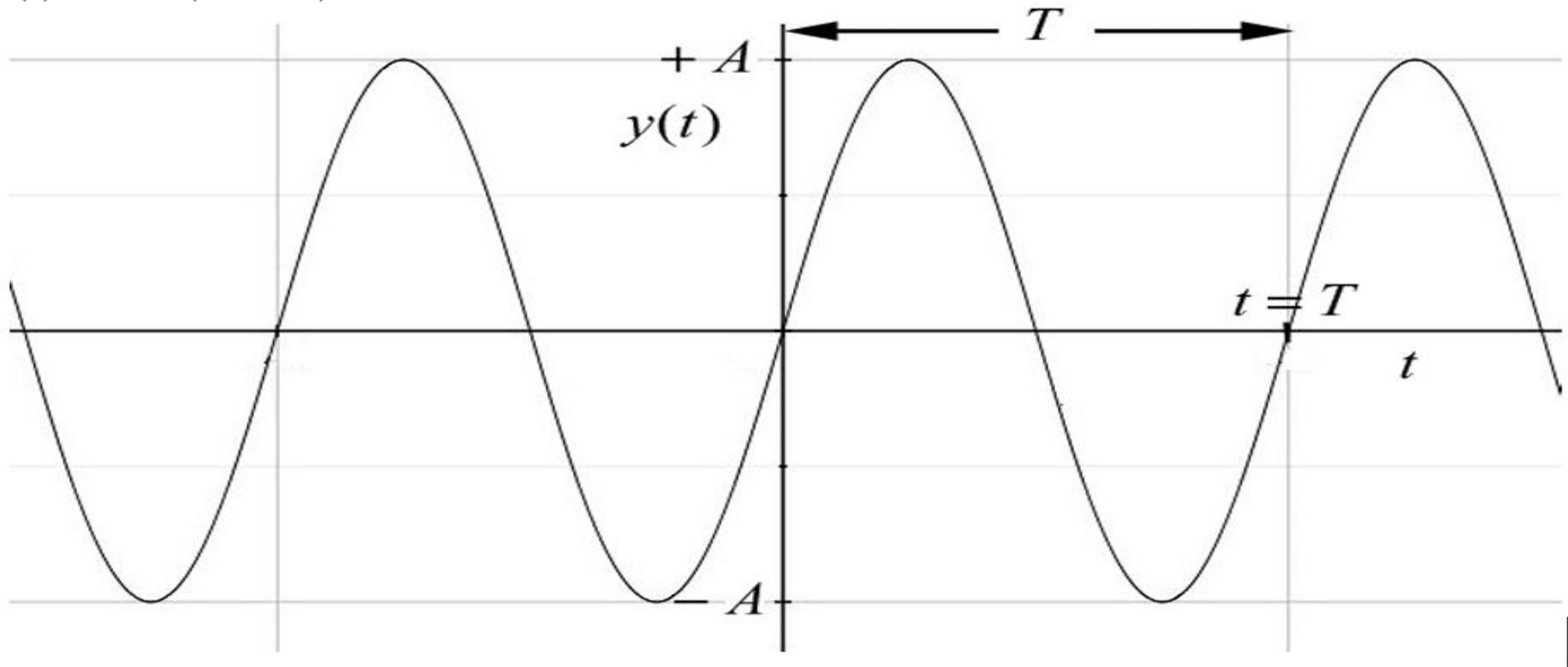
Massa Mola



- 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.

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

Período

Frequência

- Da definição de ω ,

Frequência angular
relacionada à
frequência e ao período.

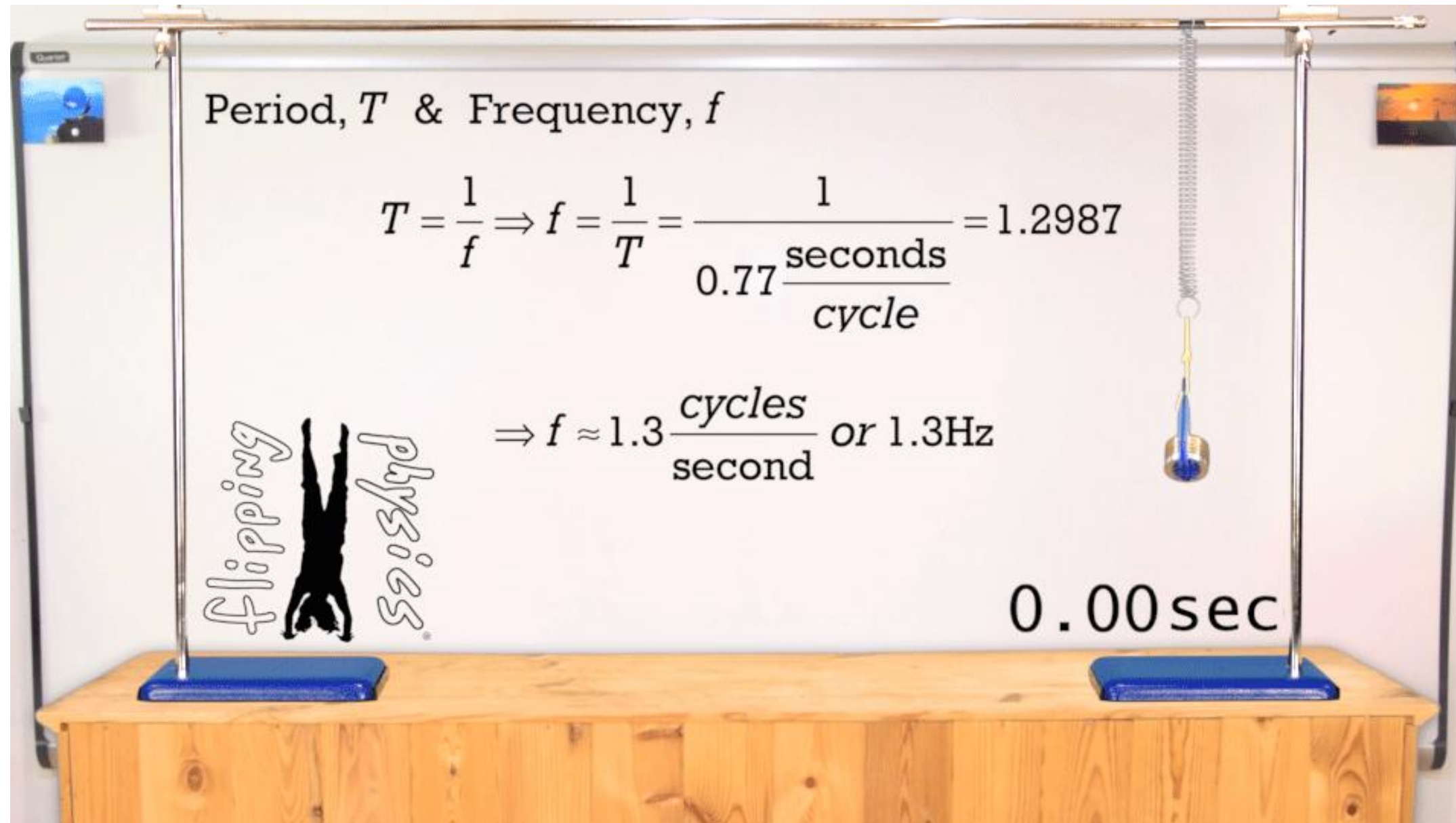
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Frequência

Período

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

Período e frequência

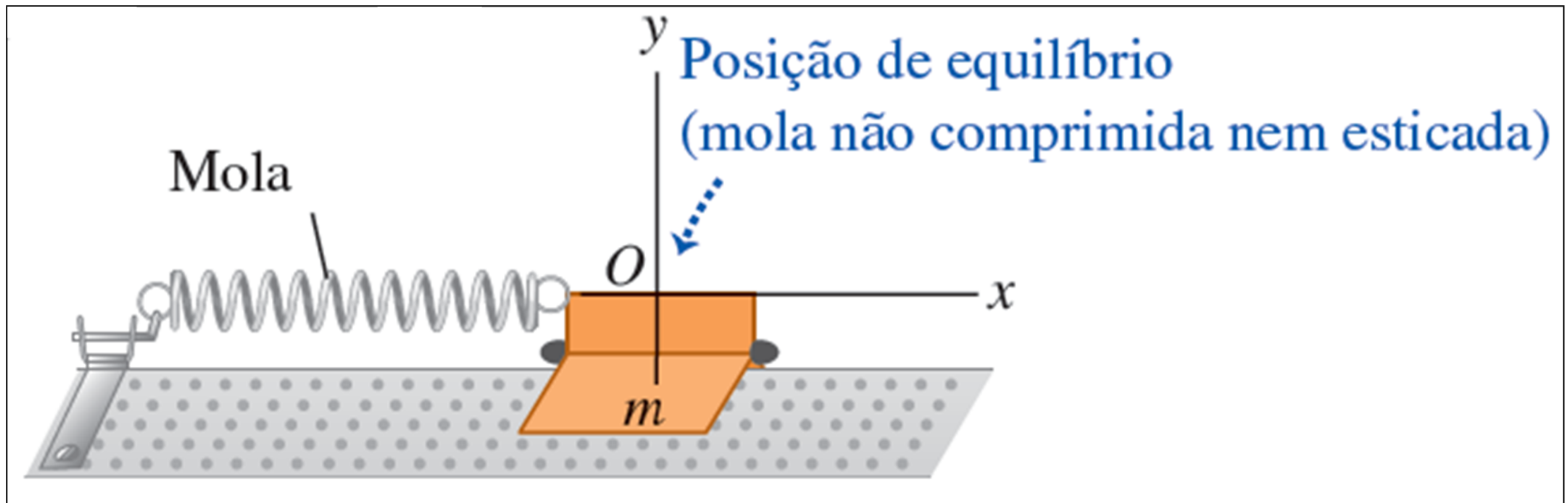


Período e frequência

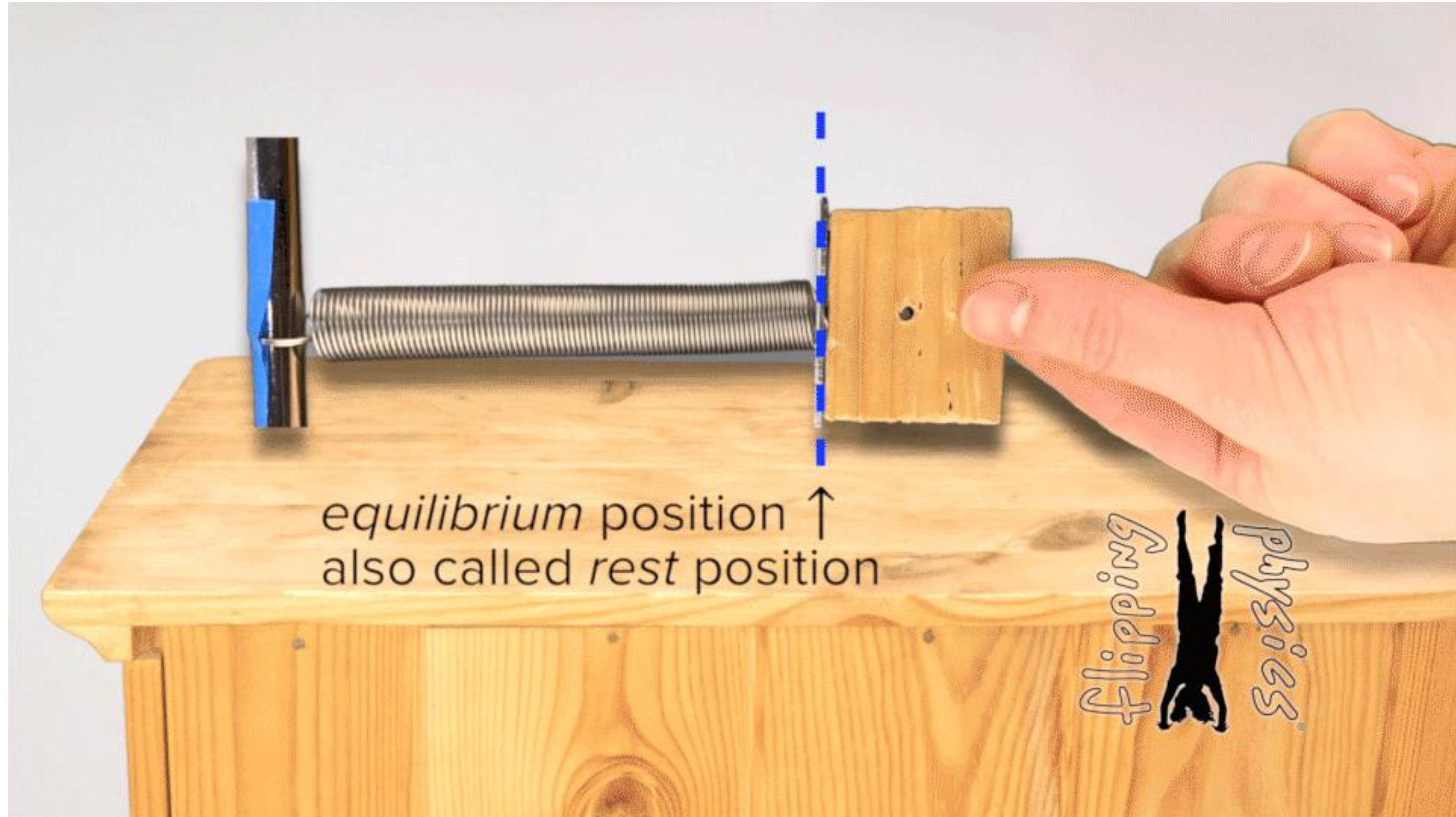
- **A amplitude do movimento**, designada por A , é o módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio; isto é, o valor máximo de $|x|$. Ela é sempre *positiva*.
 - **O período**, T , é o tempo correspondente a um ciclo; ele é sempre *positivo*.
 - **A frequência**, f ,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

Causas da oscilação

- Um sistema que pode ter movimento periódico:

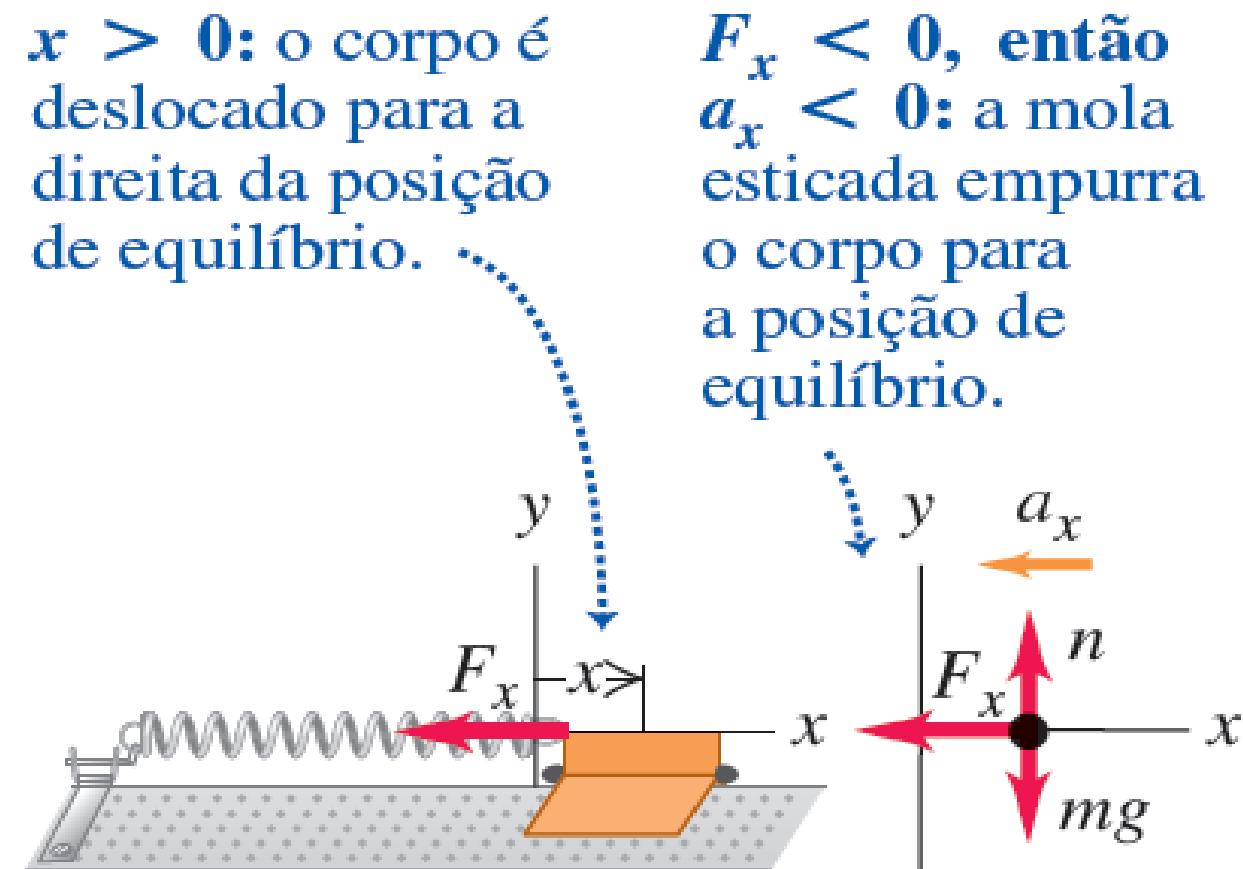


Causas da oscilação



Causas da oscilação

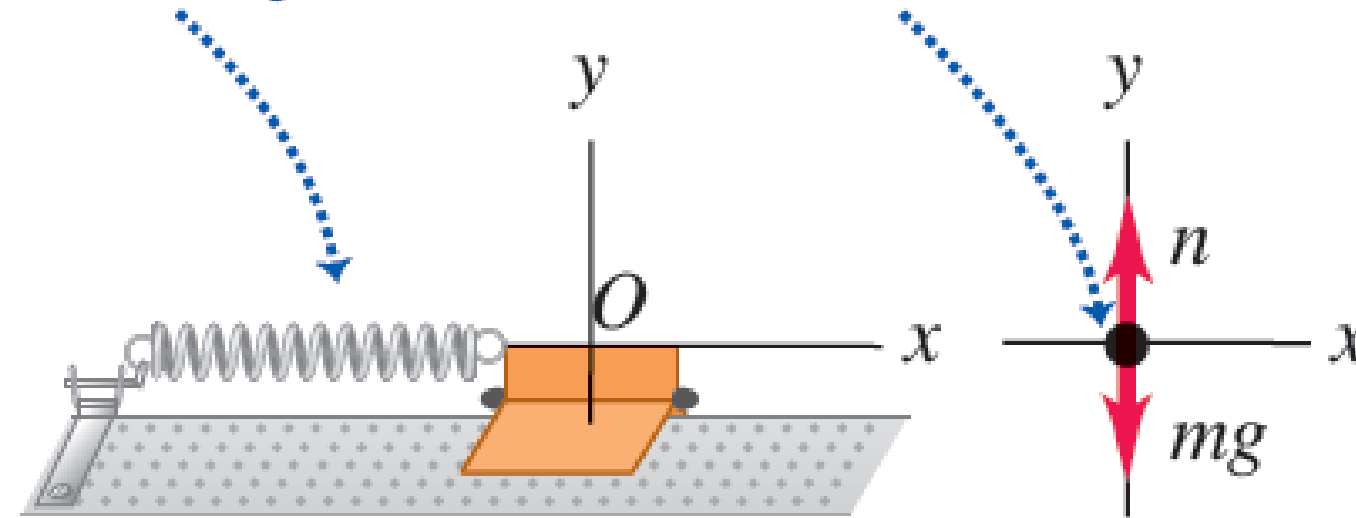
- Exemplo de um movimento periódico: quando o corpo é deslocado de sua posição de equilíbrio em $x = 0$, a mola exerce uma força restauradora que o leva de volta à posição de equilíbrio.



Causas da oscilação

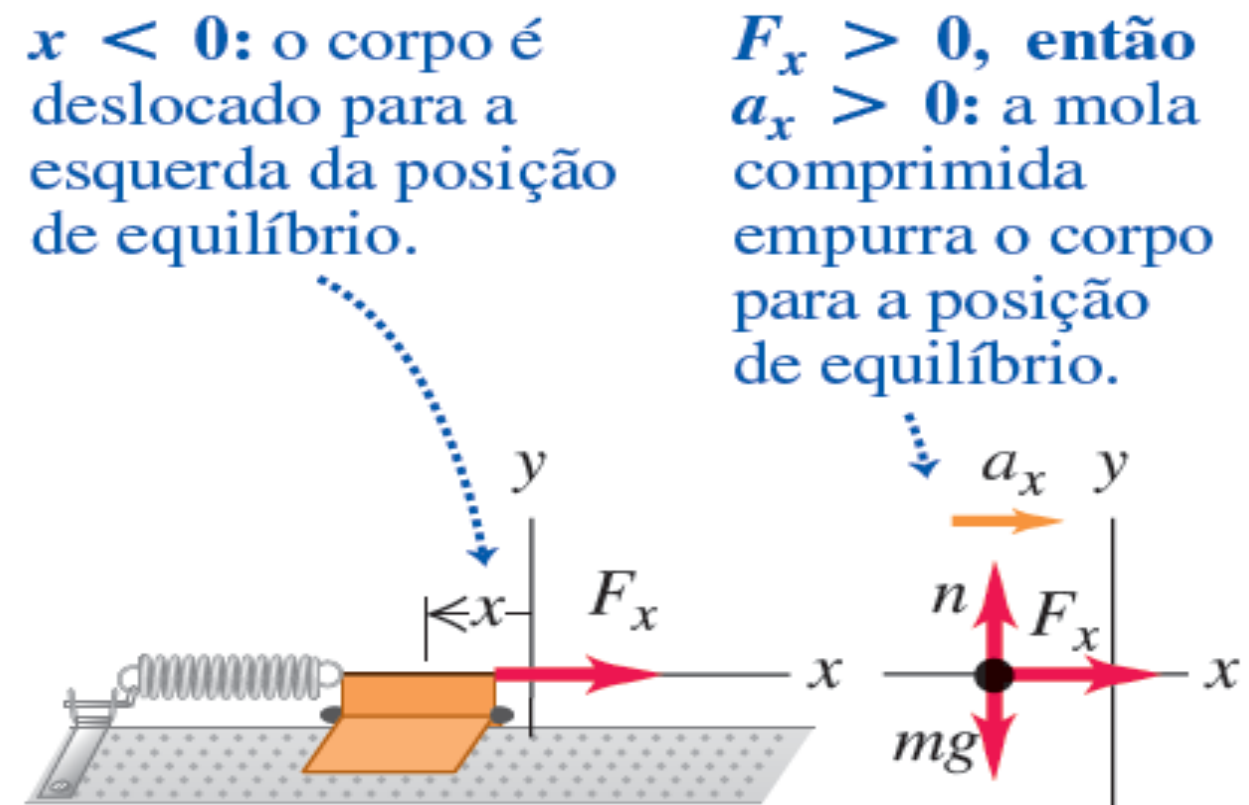
- Exemplo de um movimento periódico: quando o corpo é deslocado de sua posição de equilíbrio em $x = 0$, a mola exerce uma força restauradora que o leva de volta à posição de equilíbrio.

$x = 0$: a mola relaxada não exerce força sobre o corpo, então o corpo possui aceleração zero.

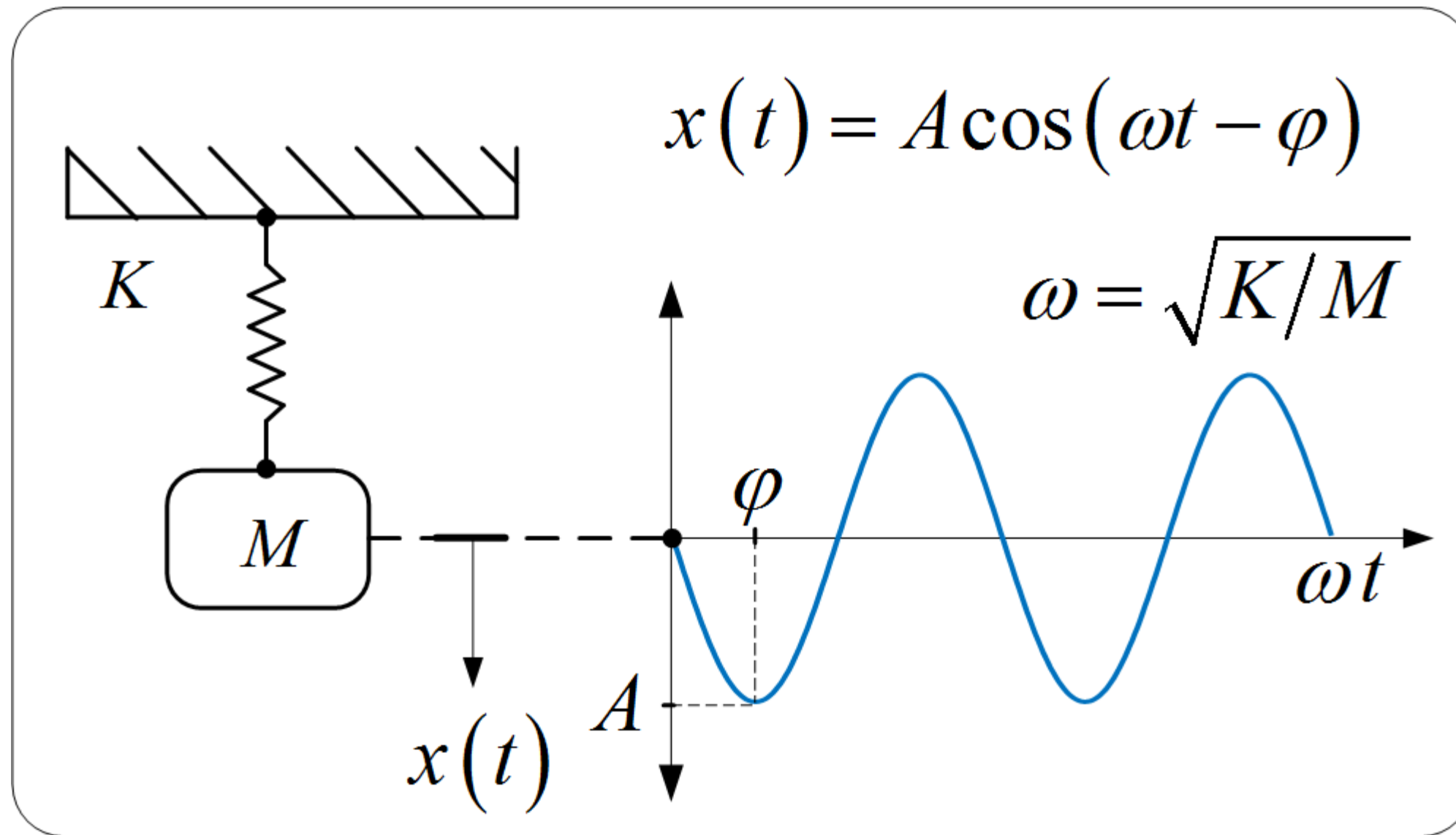


Causas da oscilação

- 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.

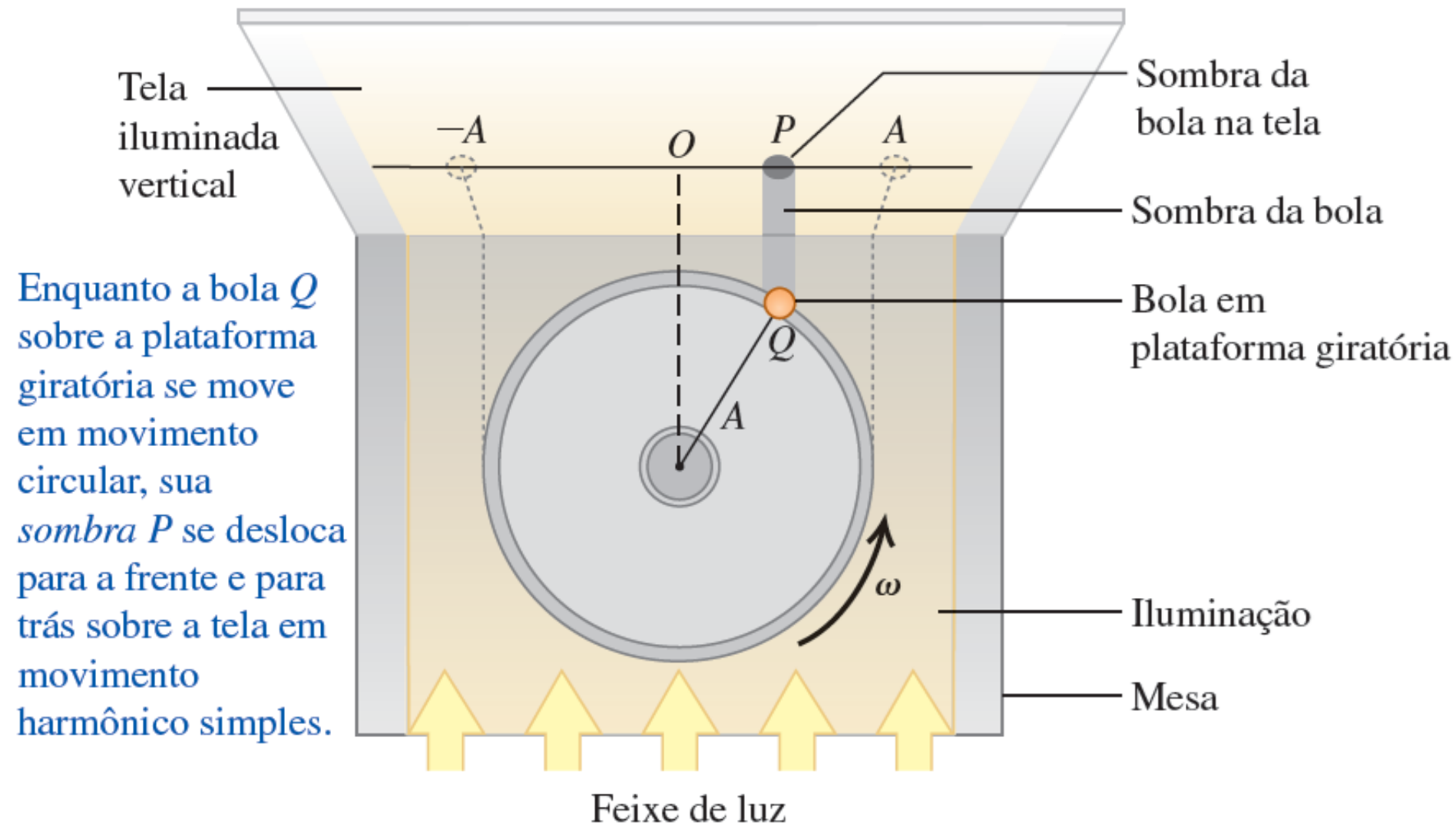


Oscilador harmonico simples



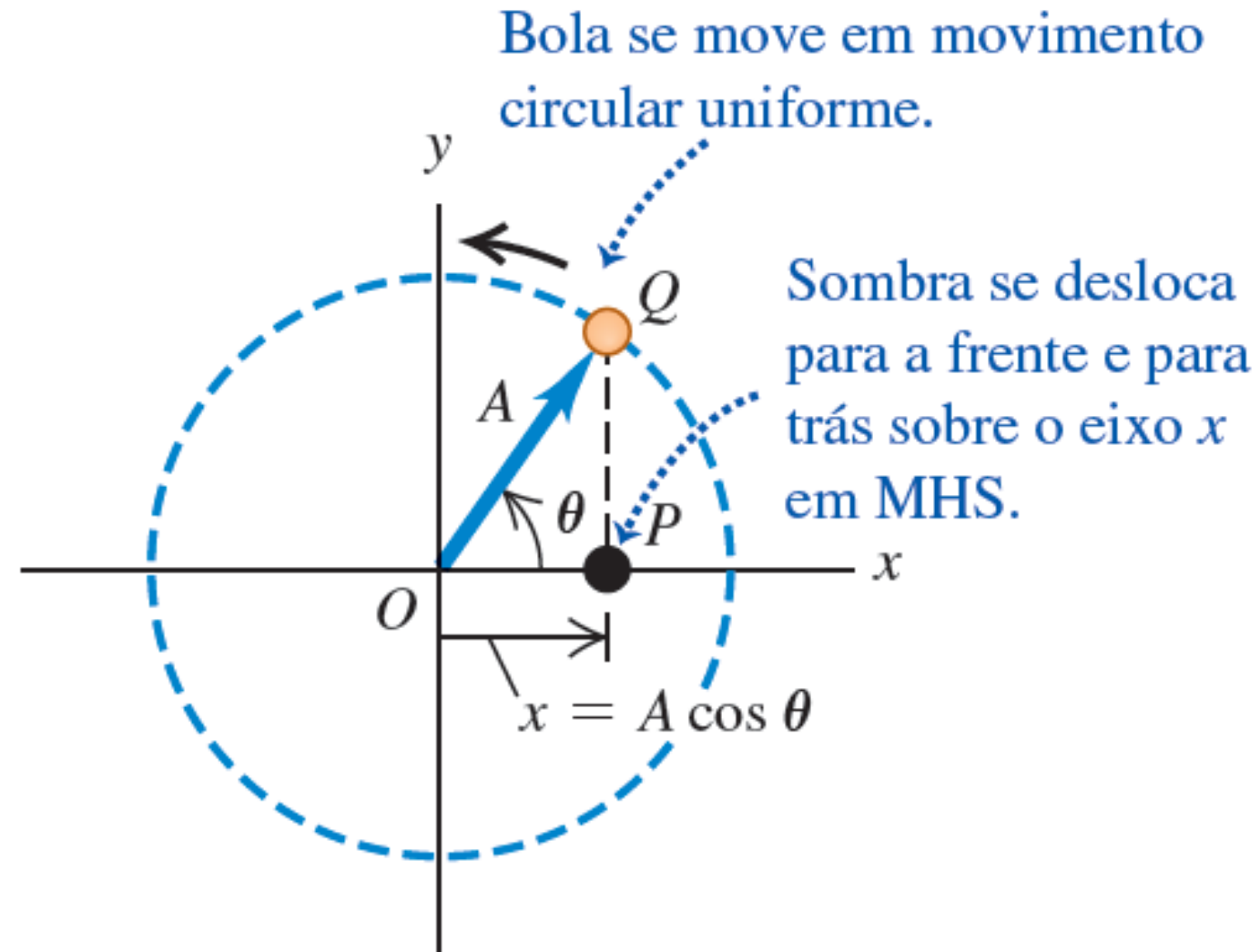
Movimento harmônico simples

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

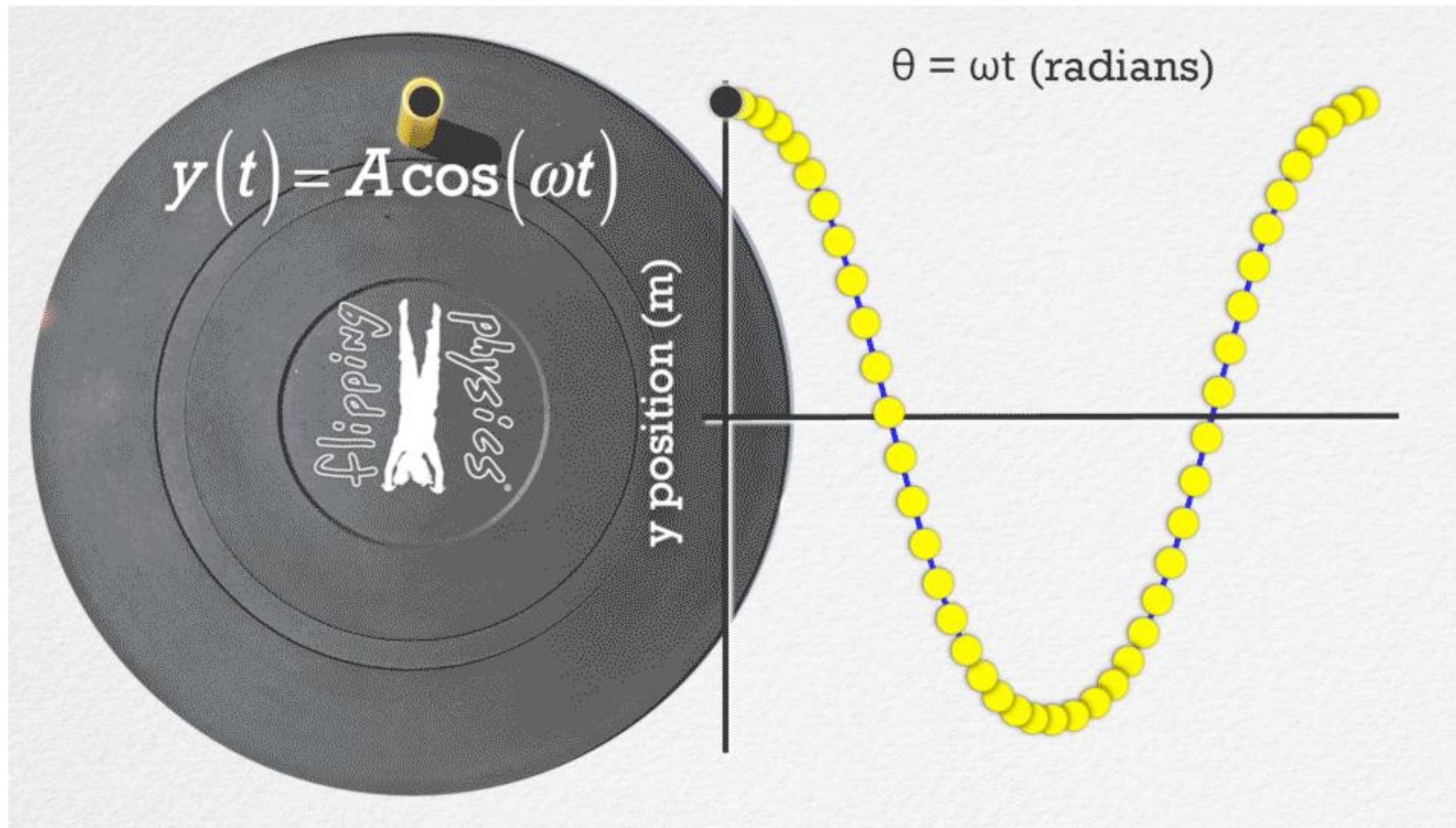


Movimento periódico - rotação

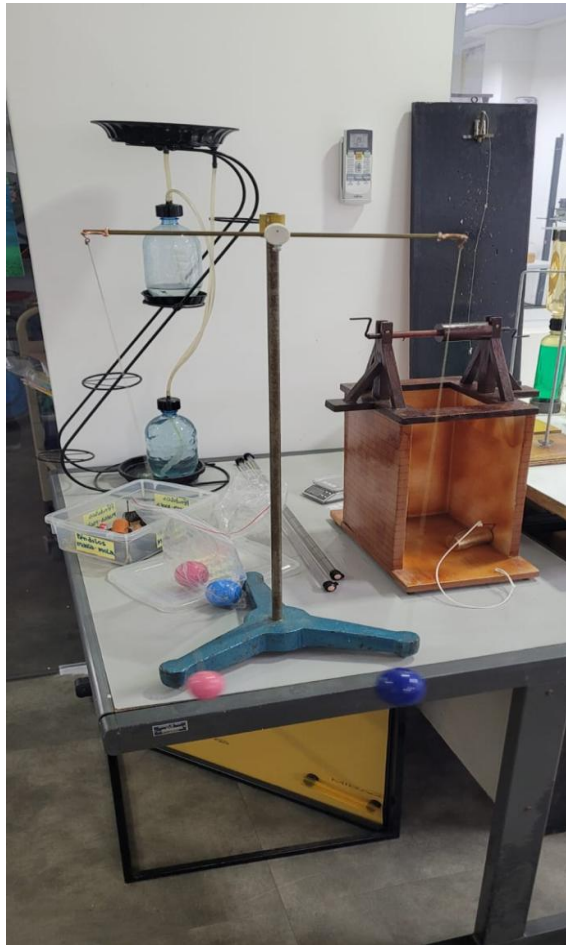
- Uma representação abstrata do movimento:



Movimento periódico - Posição



Pêndulo Simples

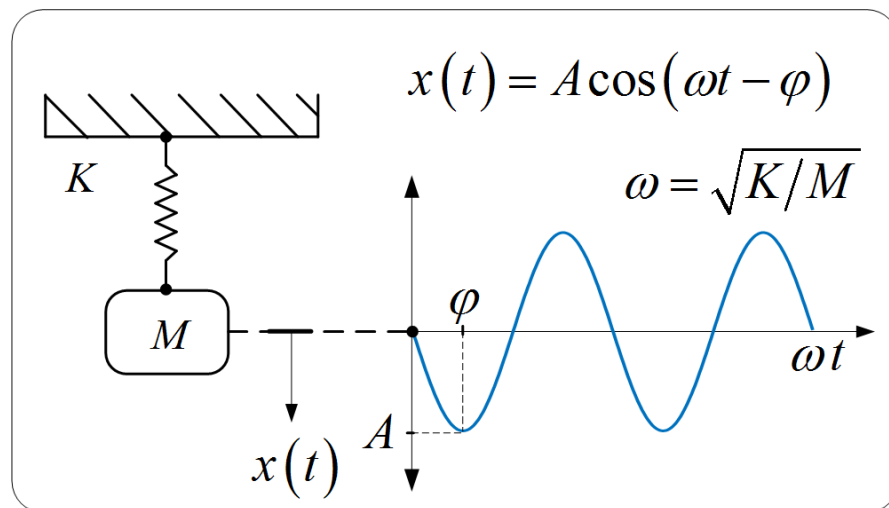


- A massa influencia a frequência ?
- No experimento de cordas diferentes, encontre a proporção entre as cordas medindo o período de oscilação dos dois pêndulos.



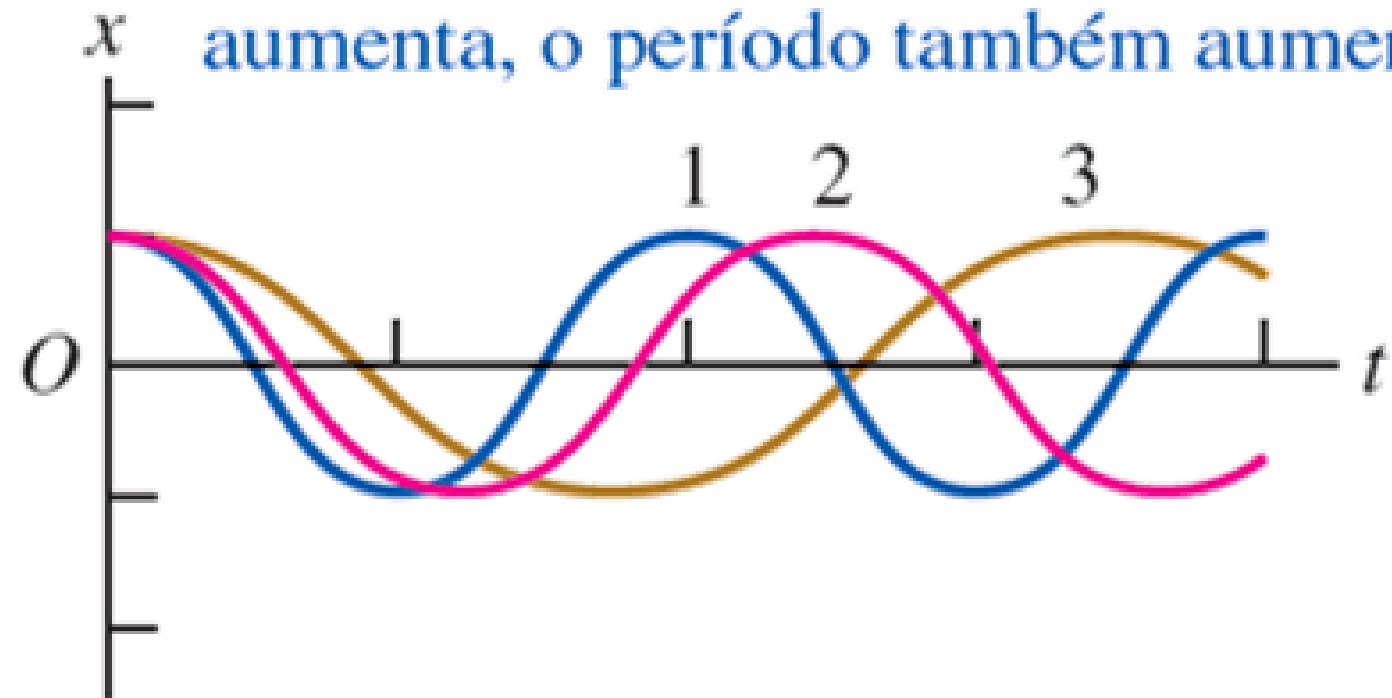
O que ocorre quando ?

- massa aumenta; A e k não variam



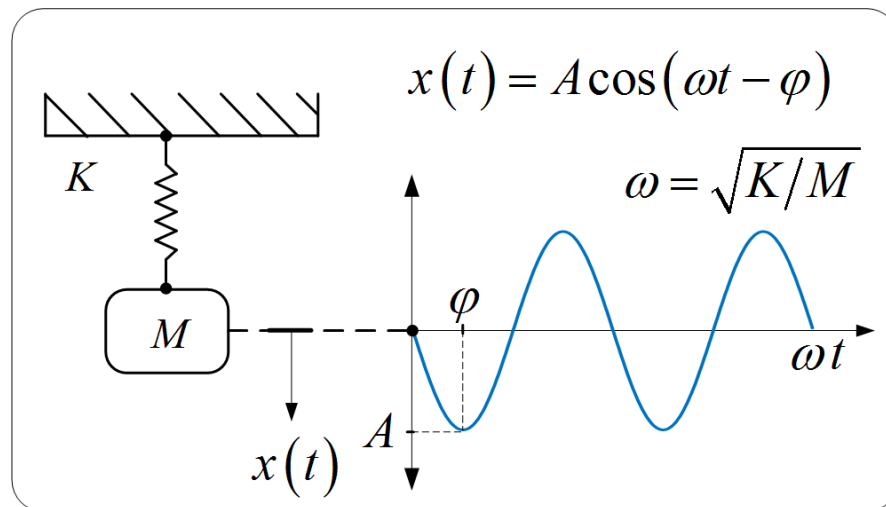
(a) m aumenta; A e k não variam

A massa m aumenta da curva 1 a 2 e a 3. Como apenas m aumenta, o período também aumenta.



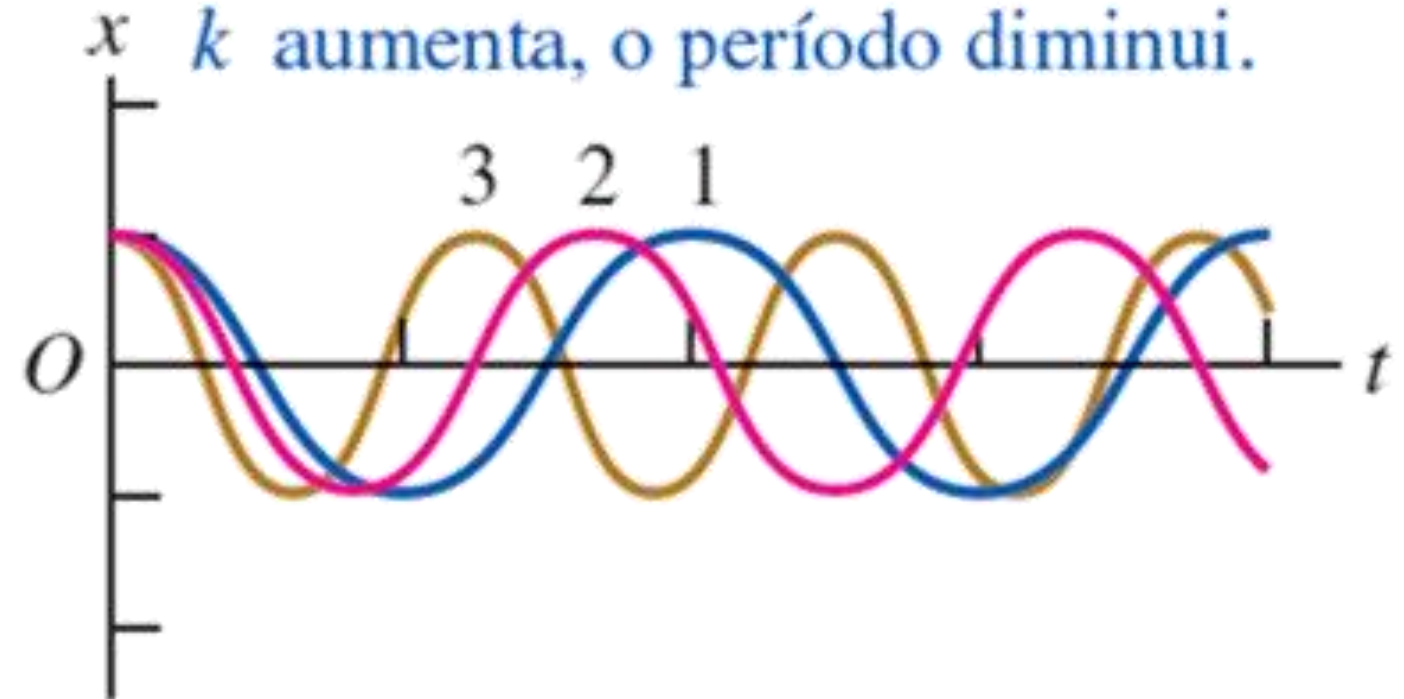
O que ocorre quando ?

- k aumenta; A e m não variam



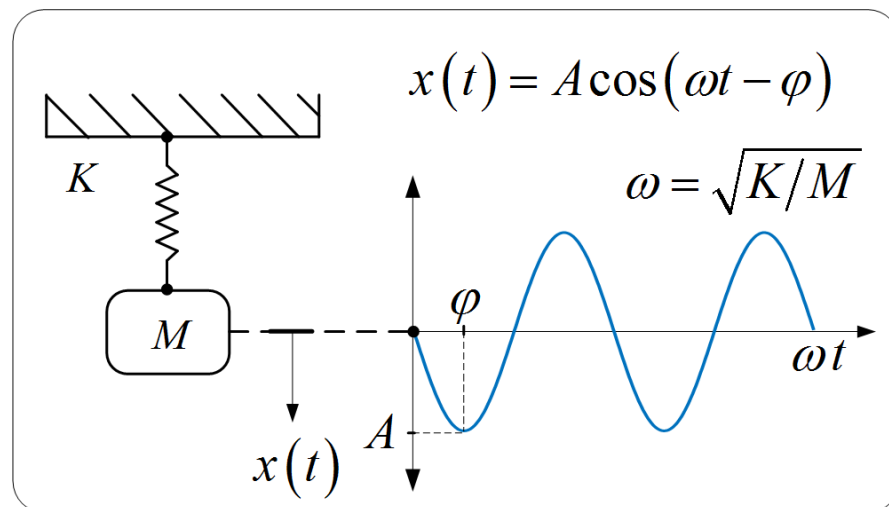
(b) k aumenta; A e m não variam

A constante da força k aumenta da curva 1 a 2 e a 3. Como apenas k aumenta, o período diminui.



O que ocorre quando ?

- A aumenta; k e m não variam



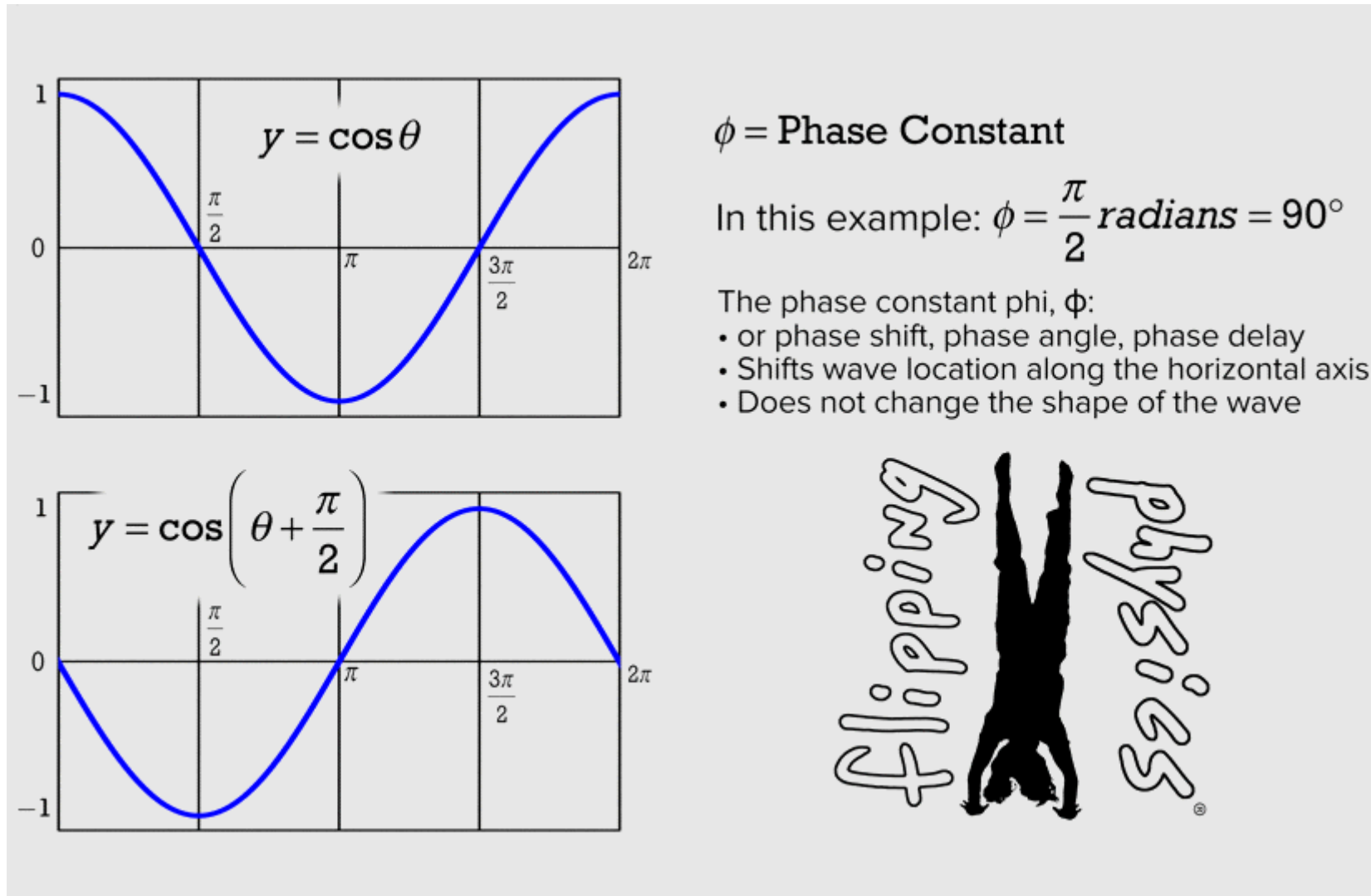
(c) A aumenta; k e m não variam

A amplitude A aumenta da curva 1 a 2 e a 3. Como apenas A varia, o período não se altera.

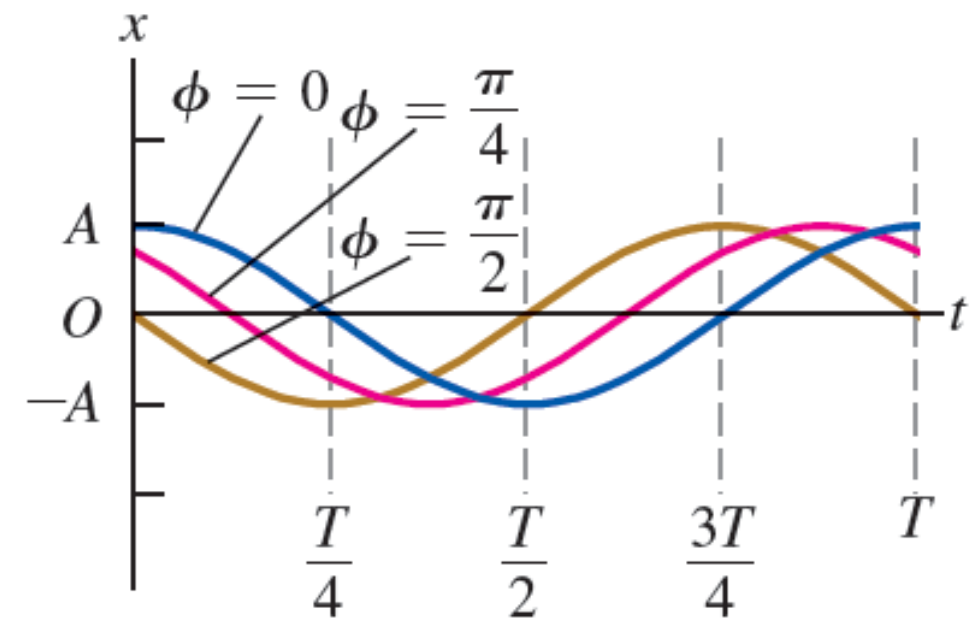


Efeito da fase

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



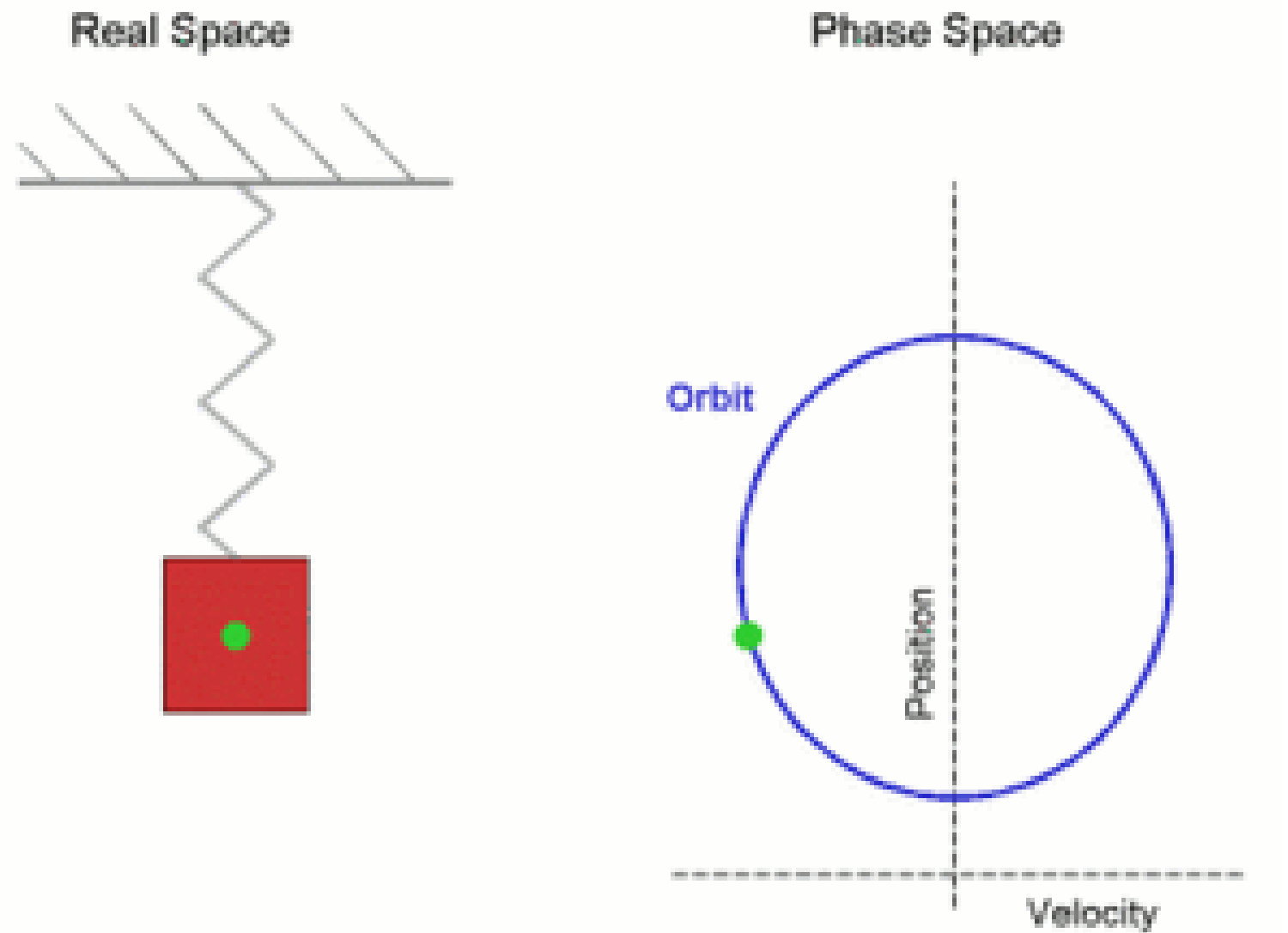
Estas três curvas mostram MHS com o mesmo período T e amplitude A , mas com ângulos ϕ de fase diferentes.



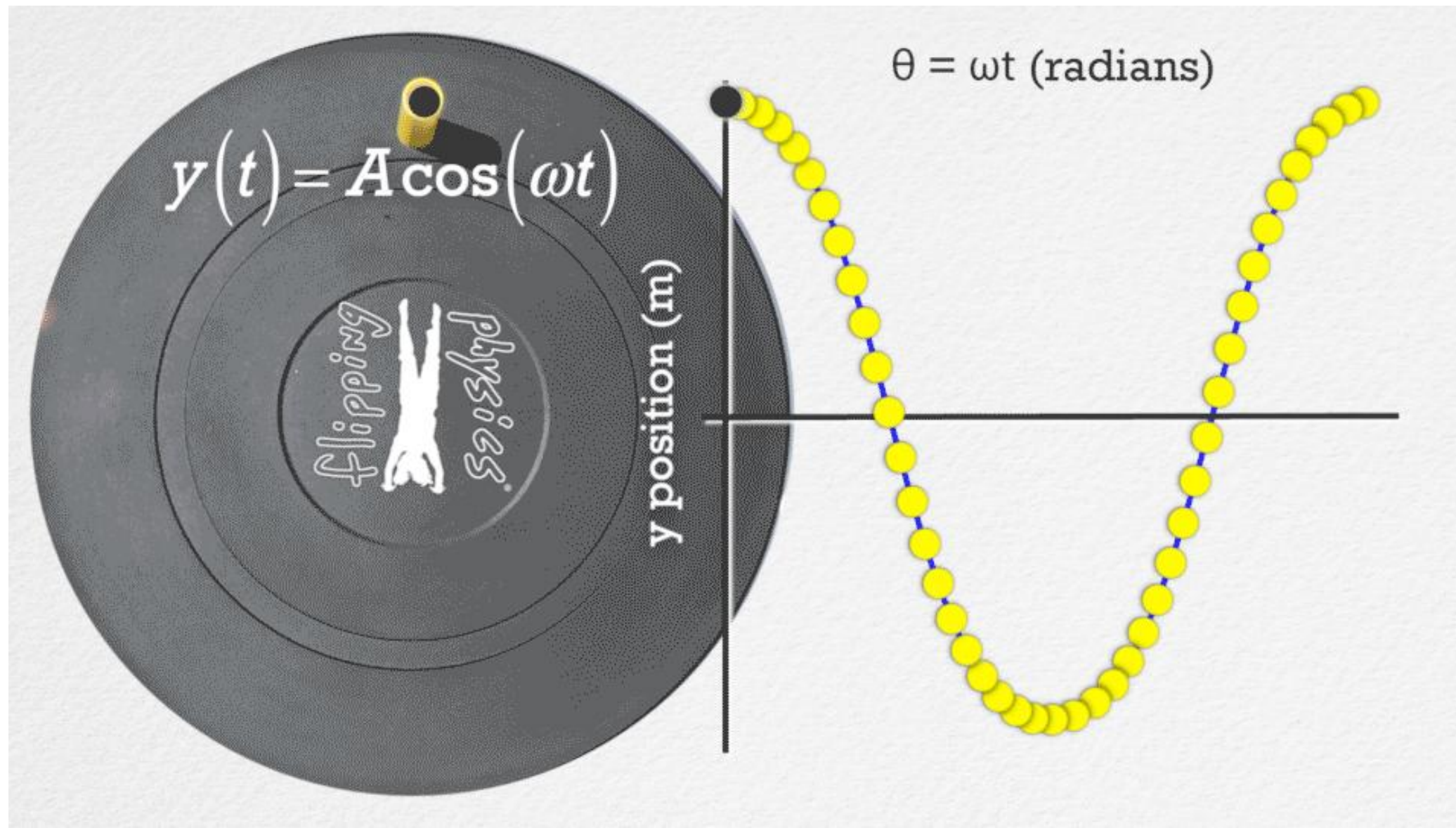
Oscilador harmônico simples

Velocidade (?)

Aceleração (?)



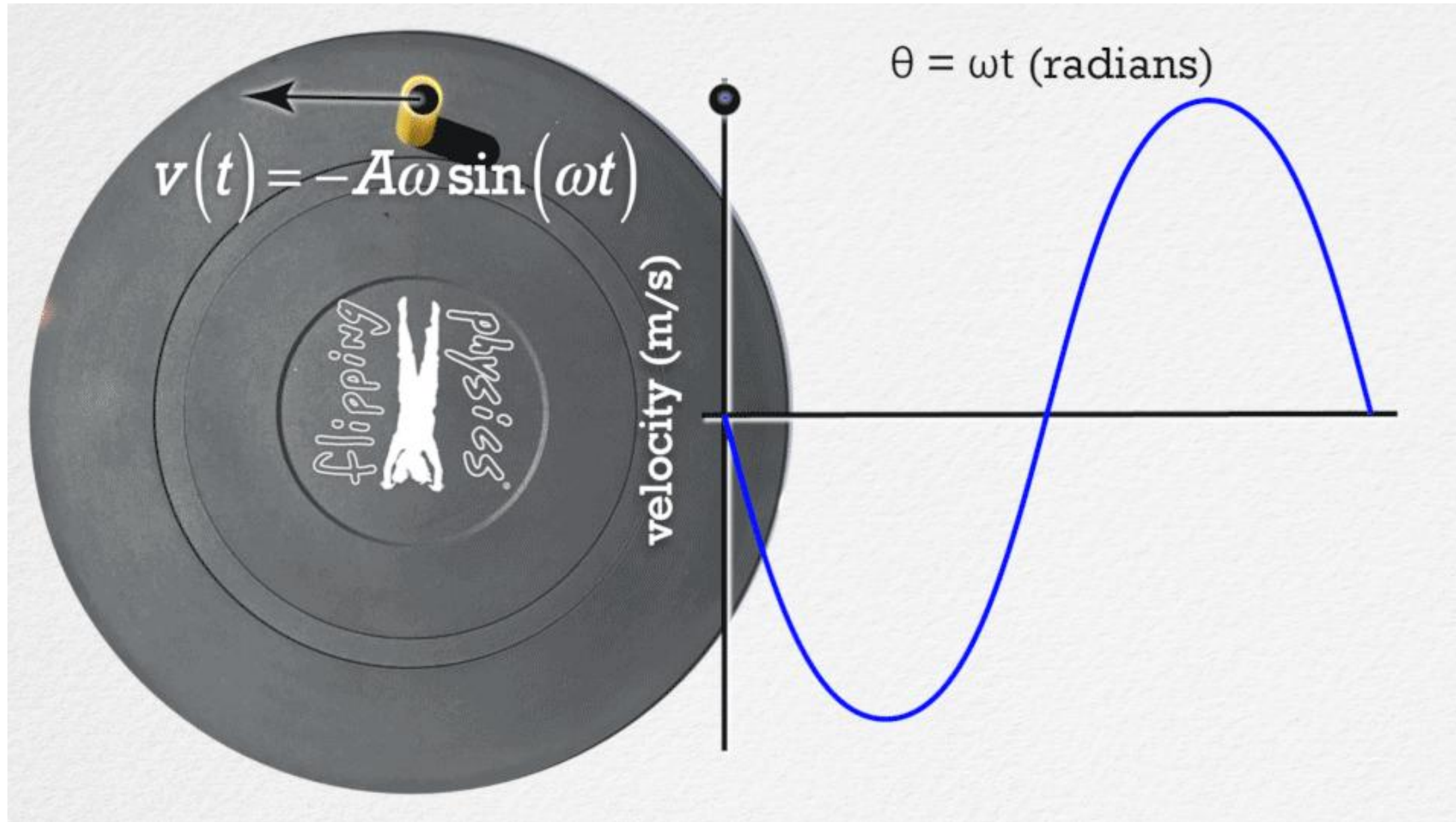
Movimento periódico - Posição



Derivadas importantes

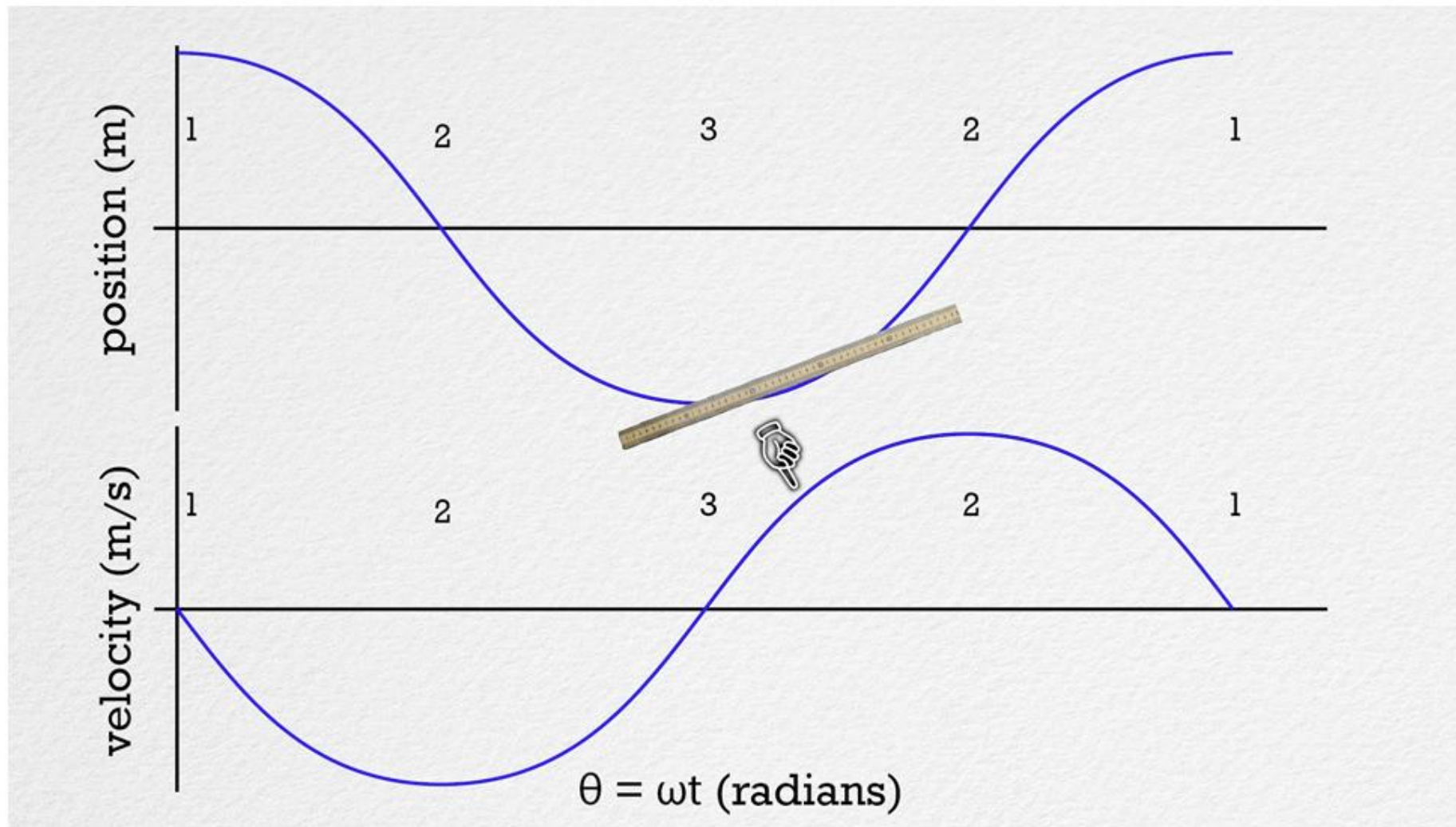
$f(t)$	$df(t)/dt$
$a f(t) + b g(t)$	$a df(t)/dt + b dg(t)/dt$
$a - \text{const.}$	0
t^n	nt^{n-1}
$\sin \omega t$	$\omega \cos \omega t$
$\cos \omega t$	$-\omega \sin \omega t$
$e^{\lambda t}$	$\lambda e^{\lambda t}$
$\ln \lambda t$	t^{-1}

Movimento periódico - Velocidade

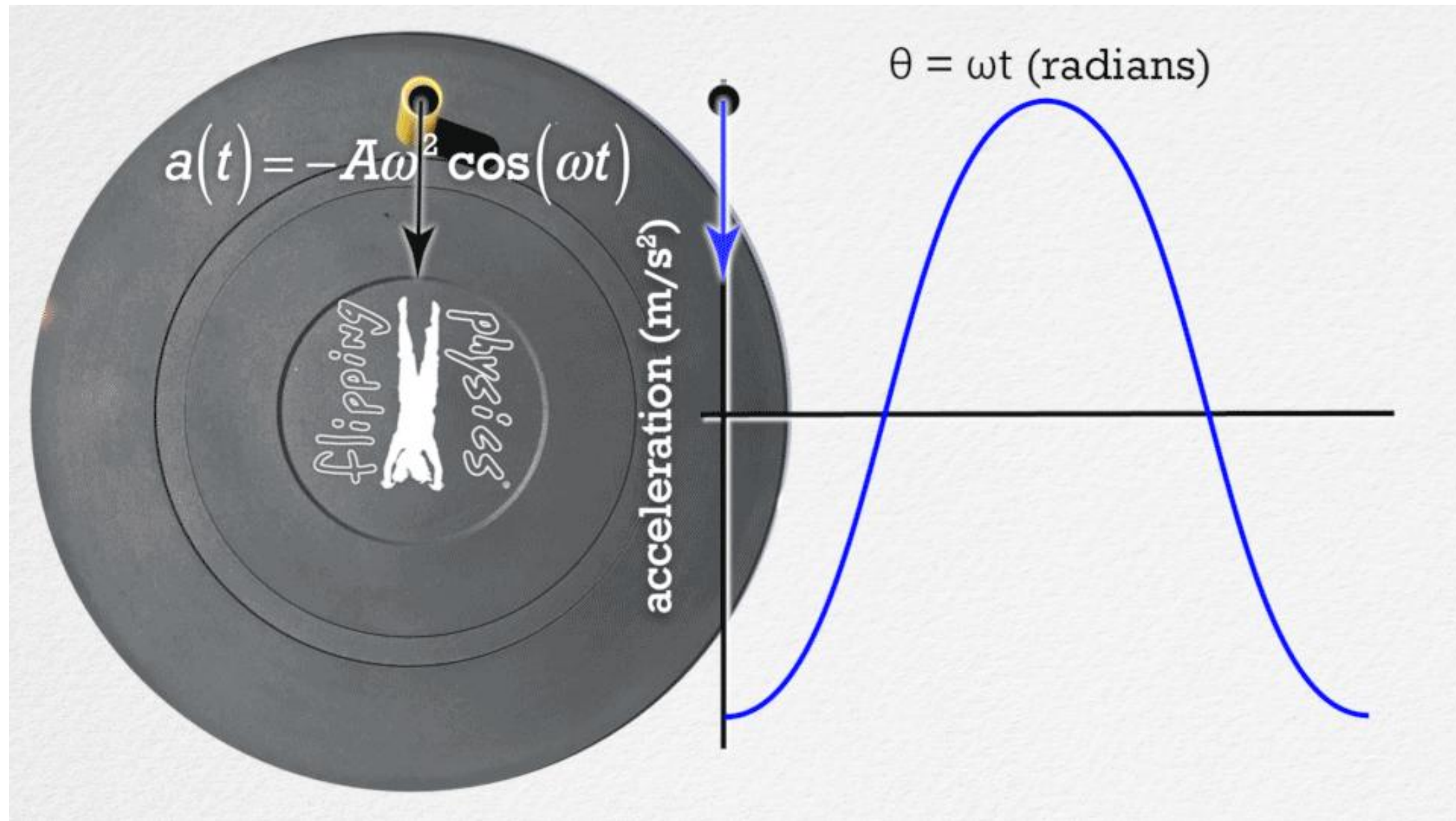


Posição e velocidade

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

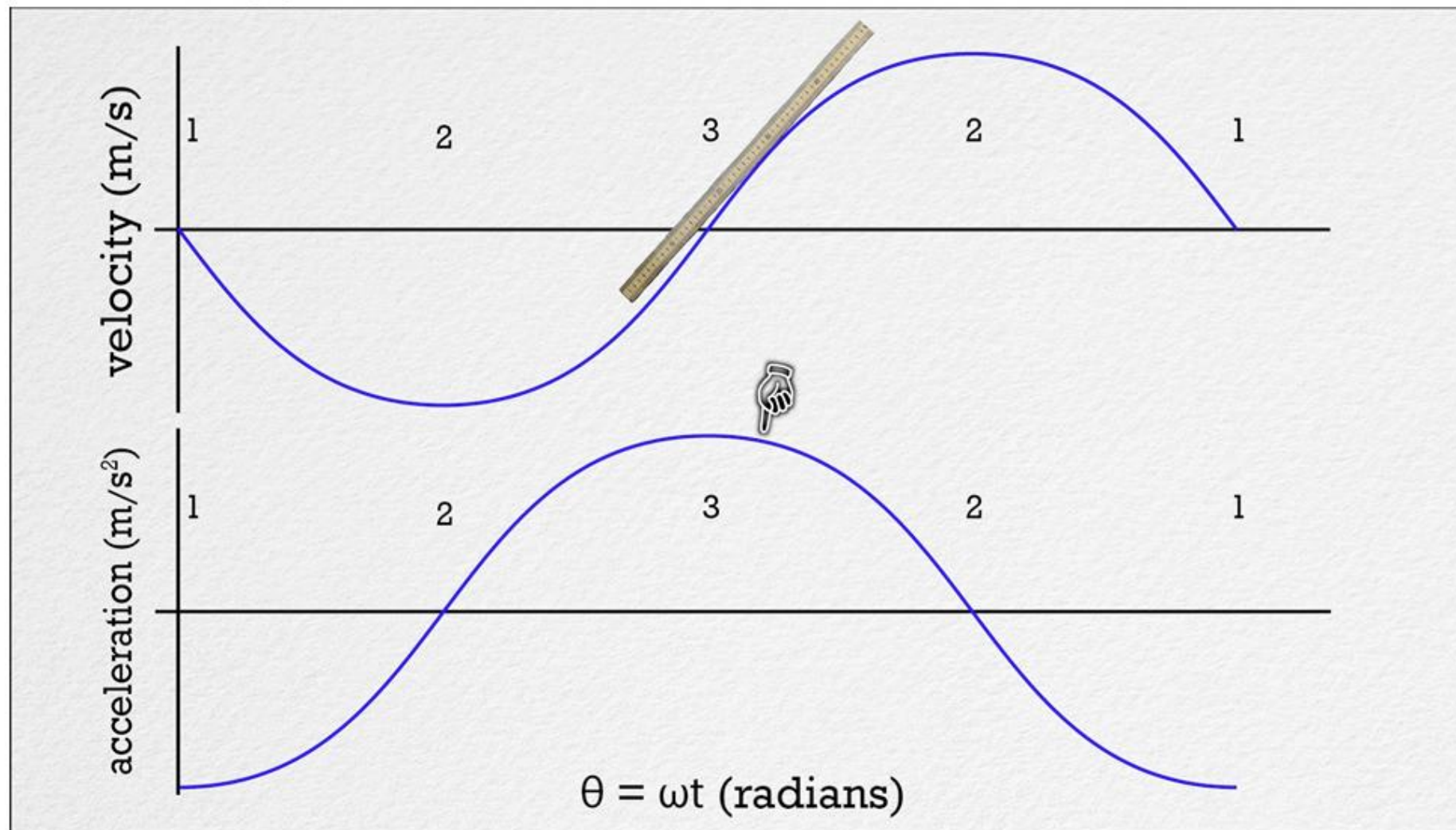


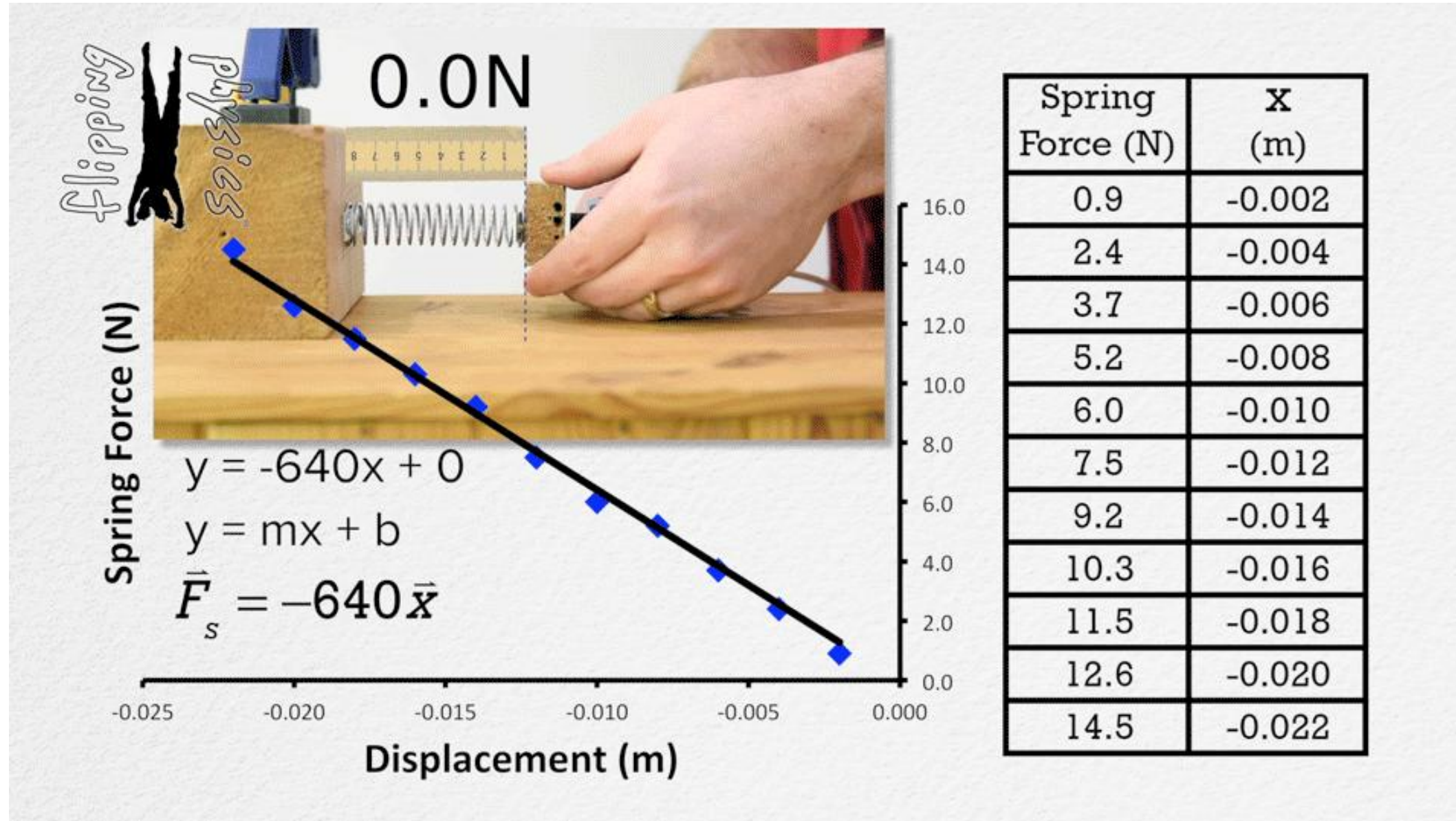
Movimento periódico - Aceleração



Velocidade e aceleração

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





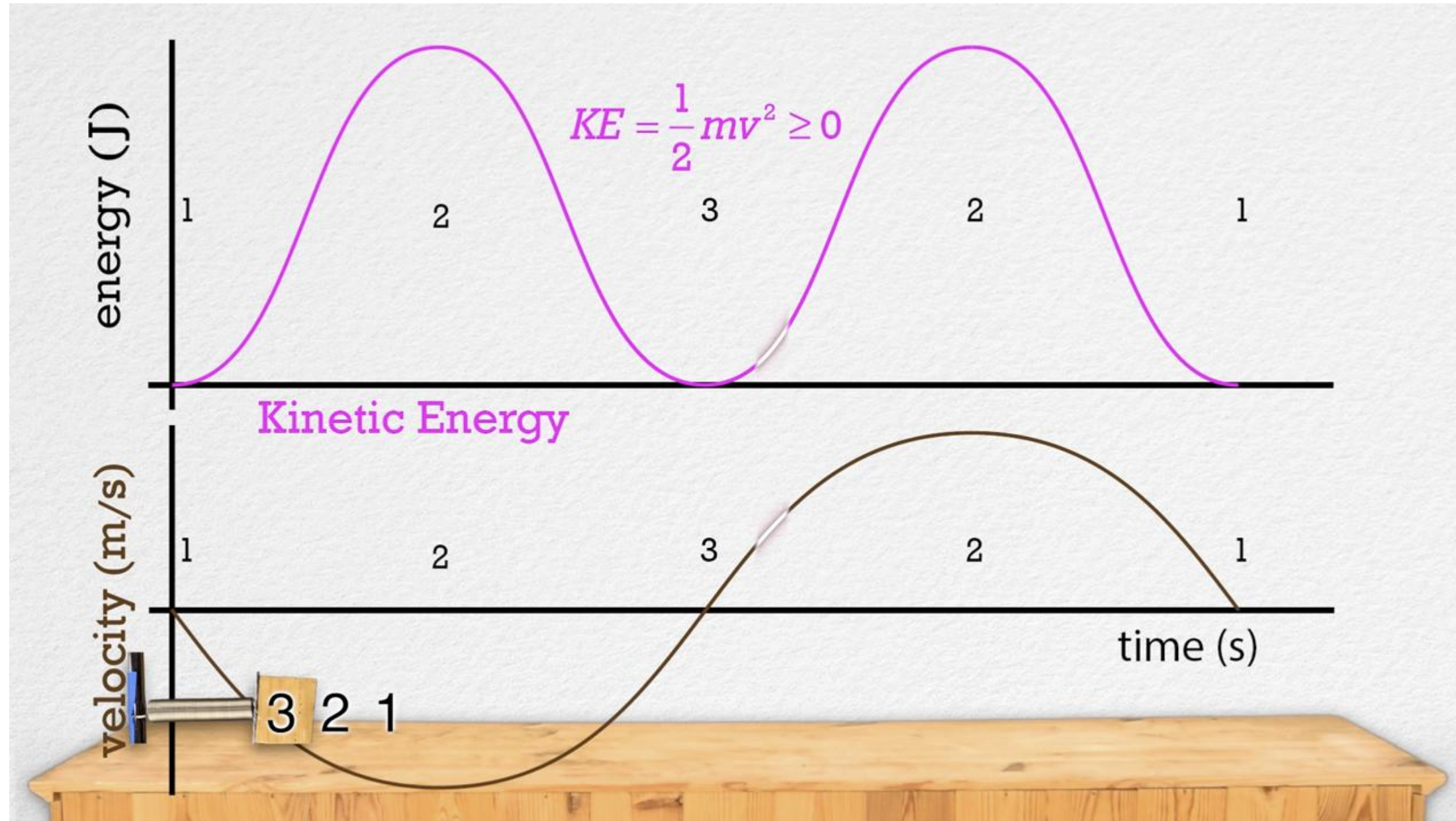
Energia no movimento harmônico simples

Energia mecânica total no MHS $\rightarrow E = \frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{constante}$

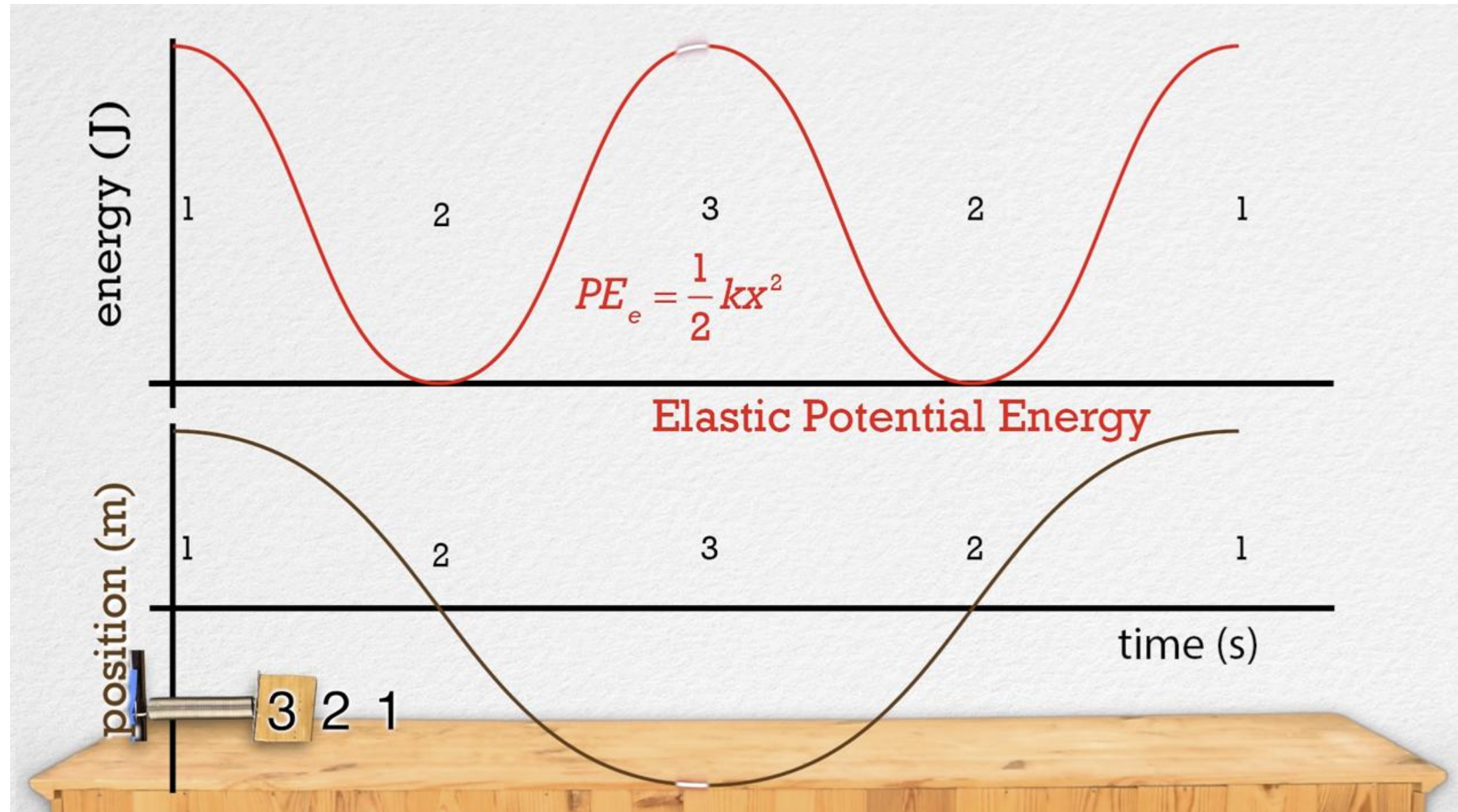
Massa $\swarrow$ Constante de força da força restauradora $\swarrow$
Velocidade $\nwarrow$ Deslocamento $\nwarrow$ Amplitude

- 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



Energia potencial



Energia potencial

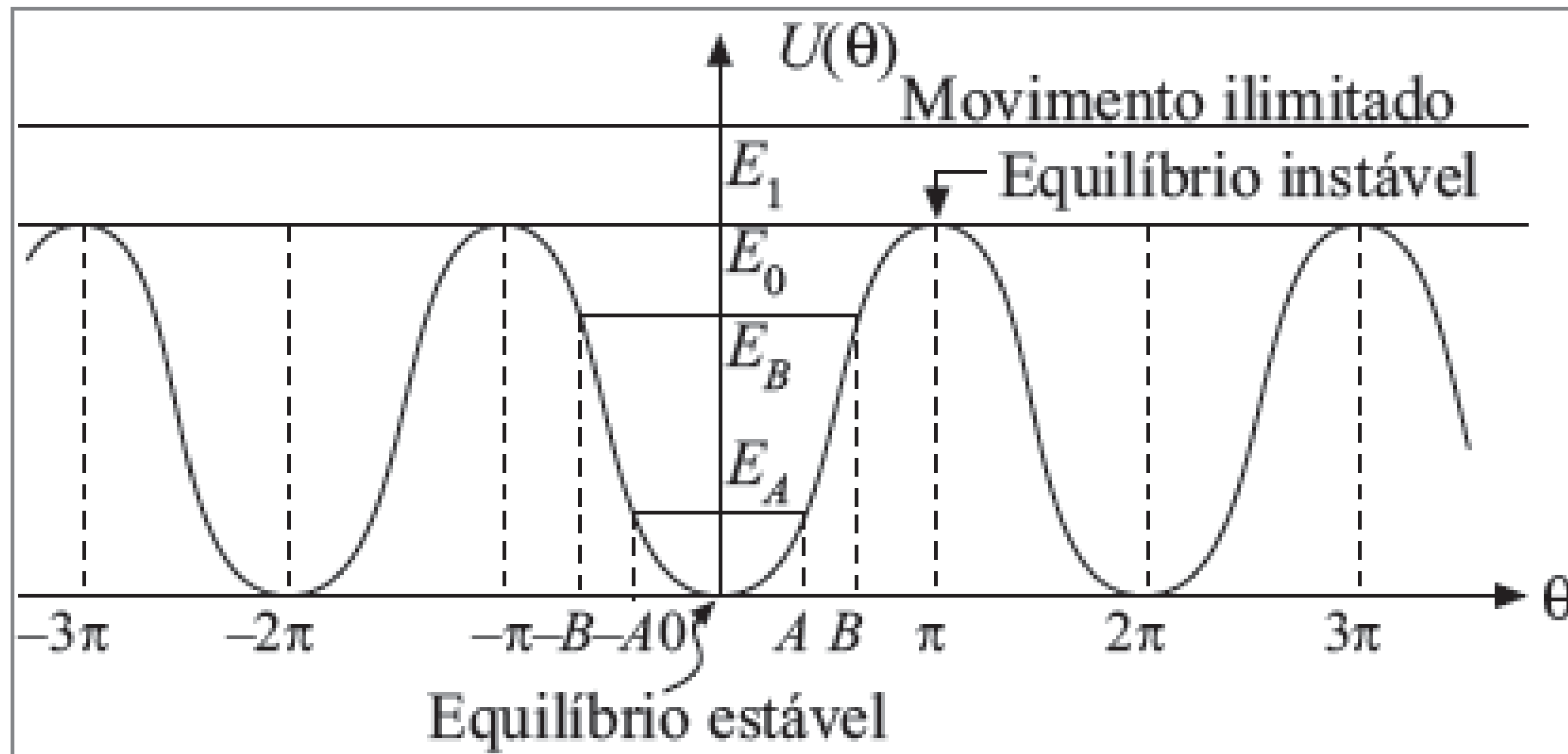
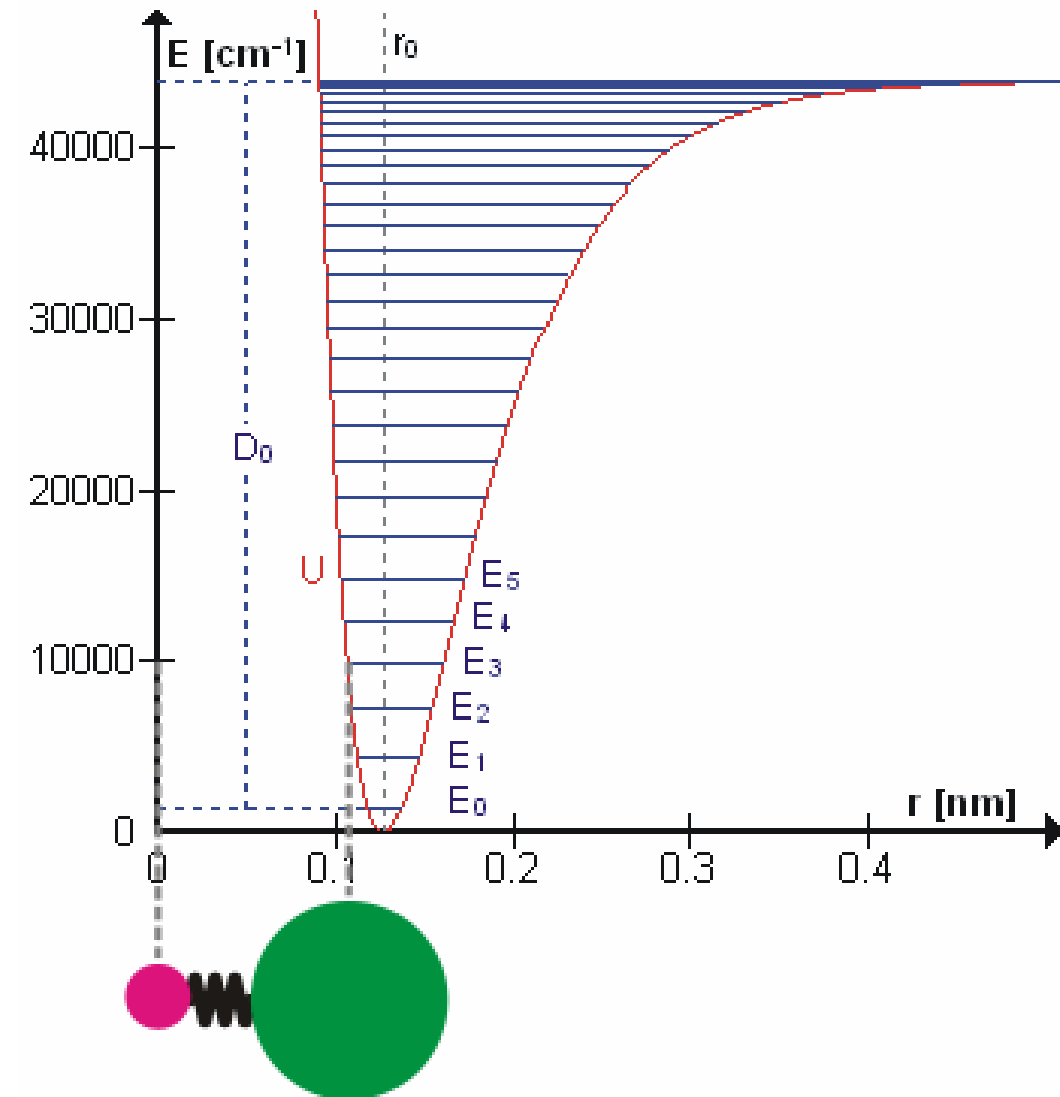
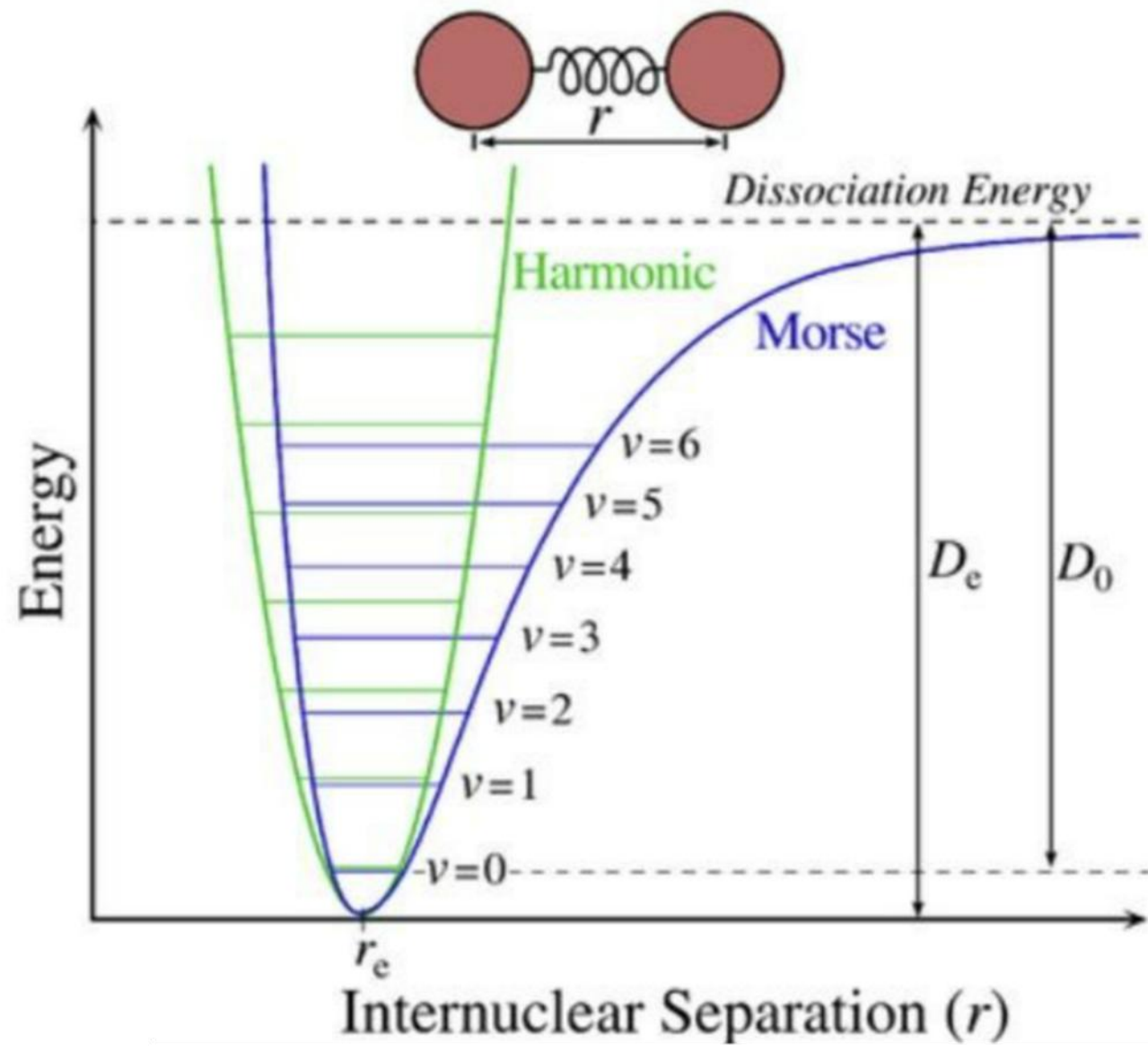
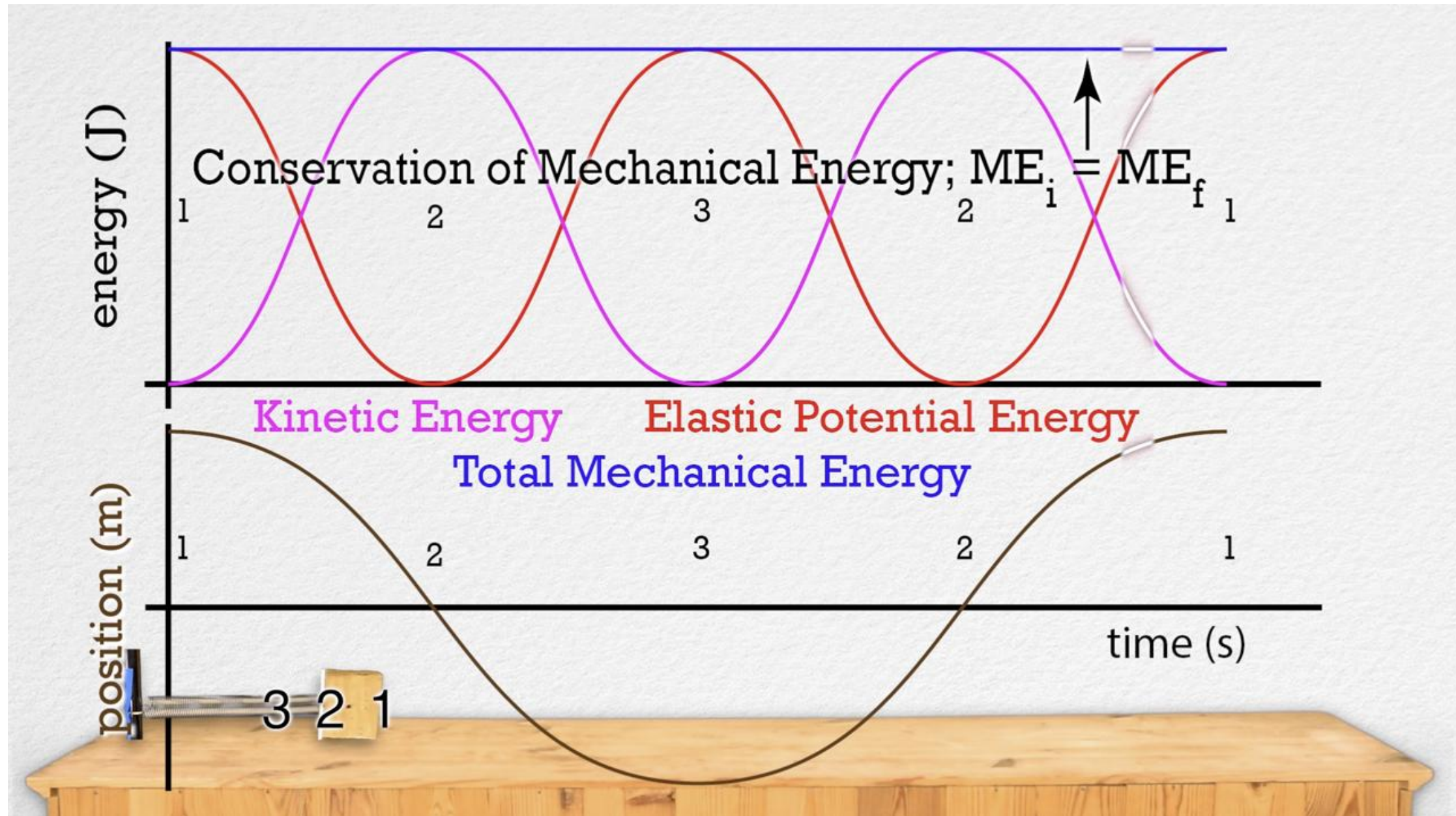


Figura 3.10 Energia potencial do pêndulo.

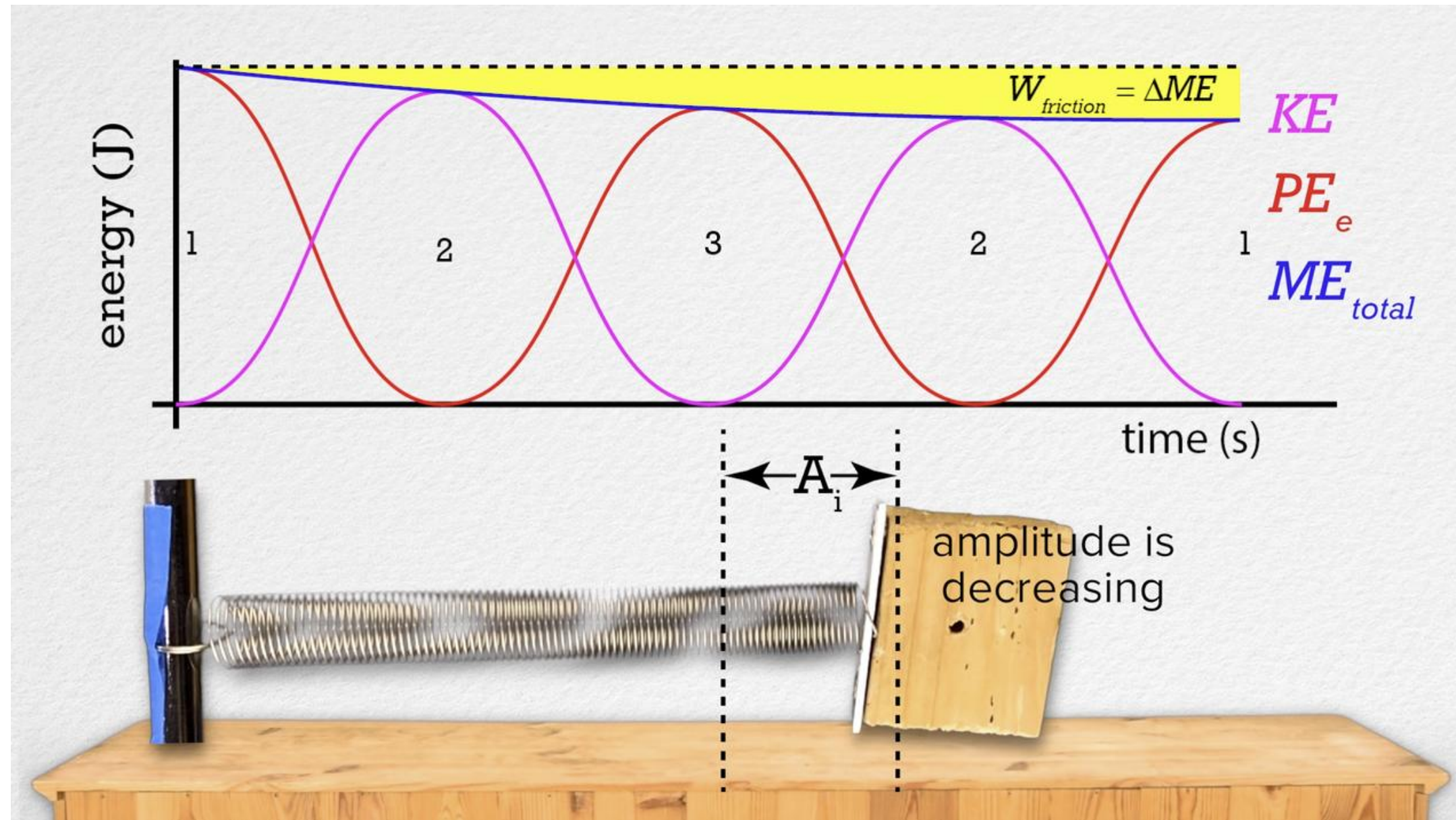
Energia potencial



Energia total



Vida real ...



Vida real ...

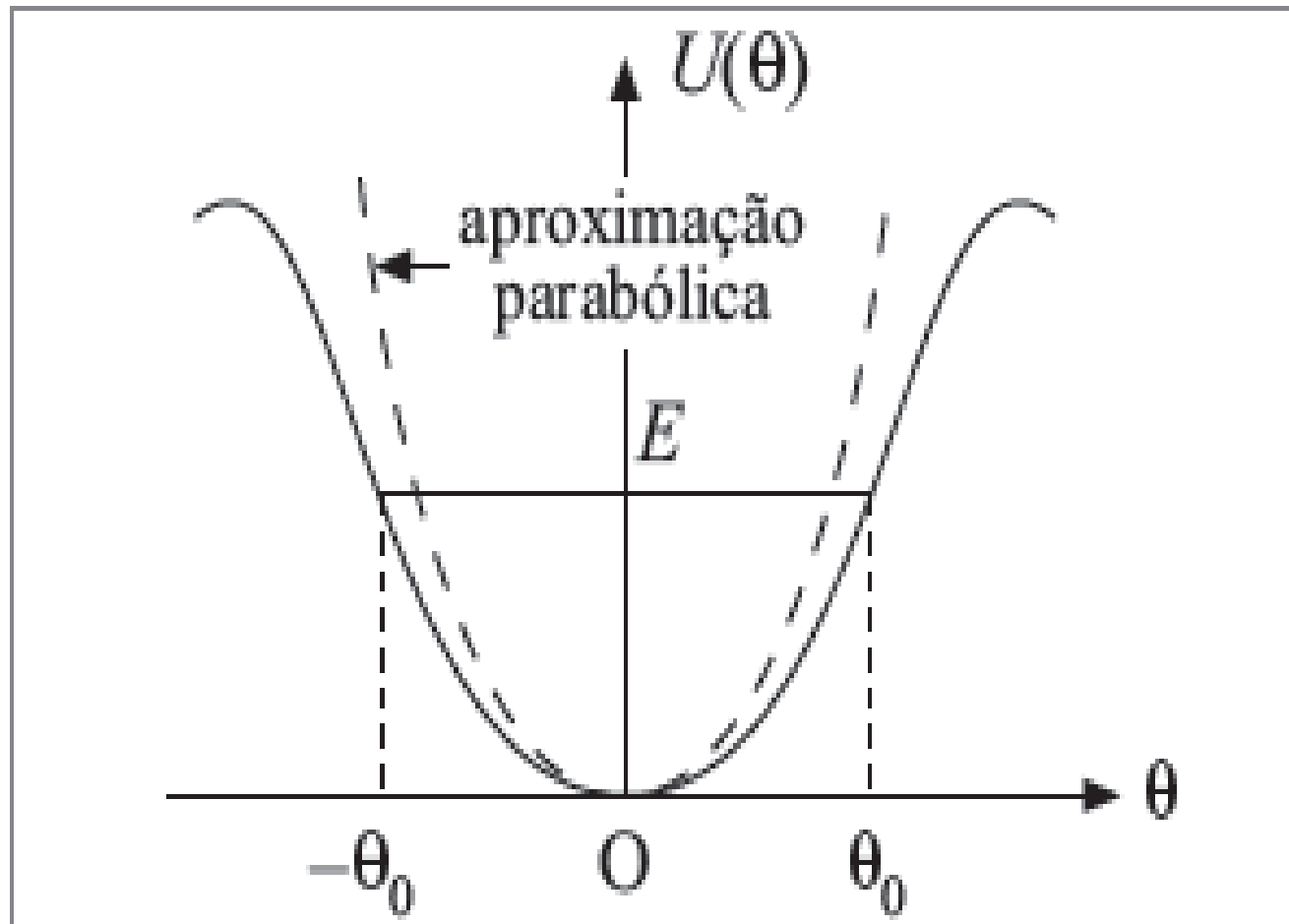


Figura 3.12 Energia potencial para grandes amplitudes.

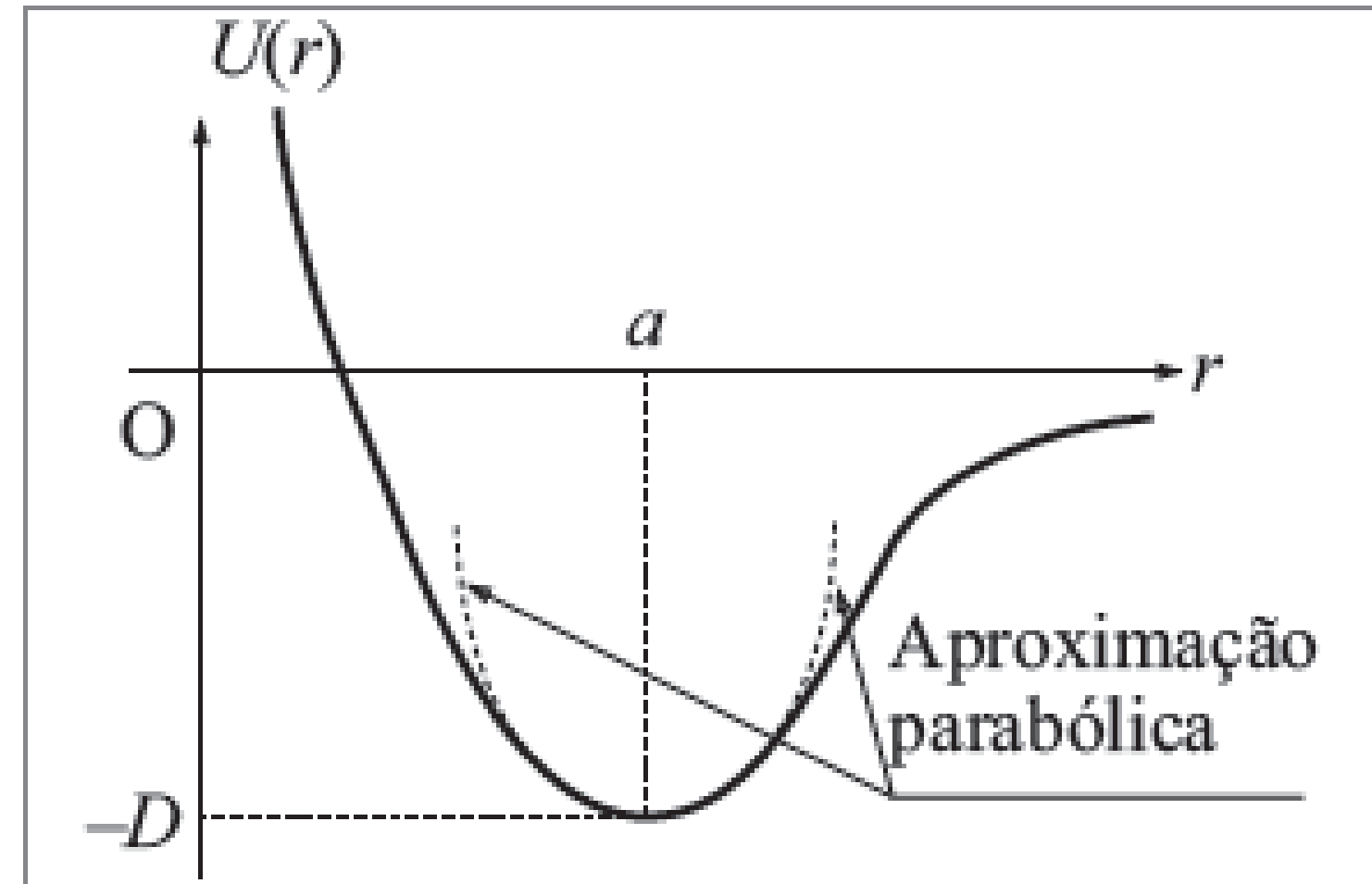
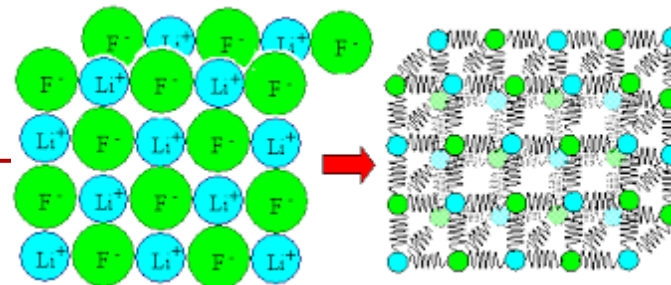
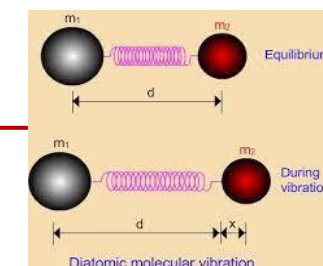
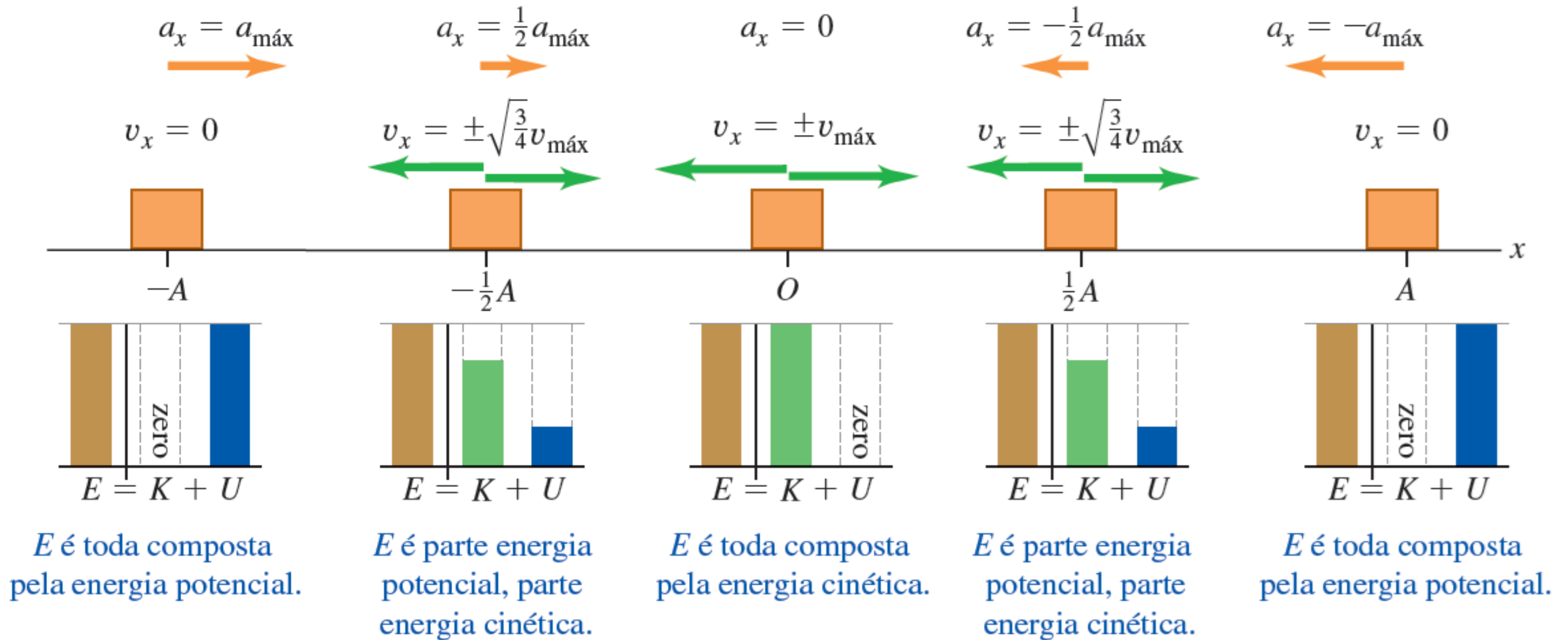


Figura 3.17 Energia potencial de molécula diatômica.



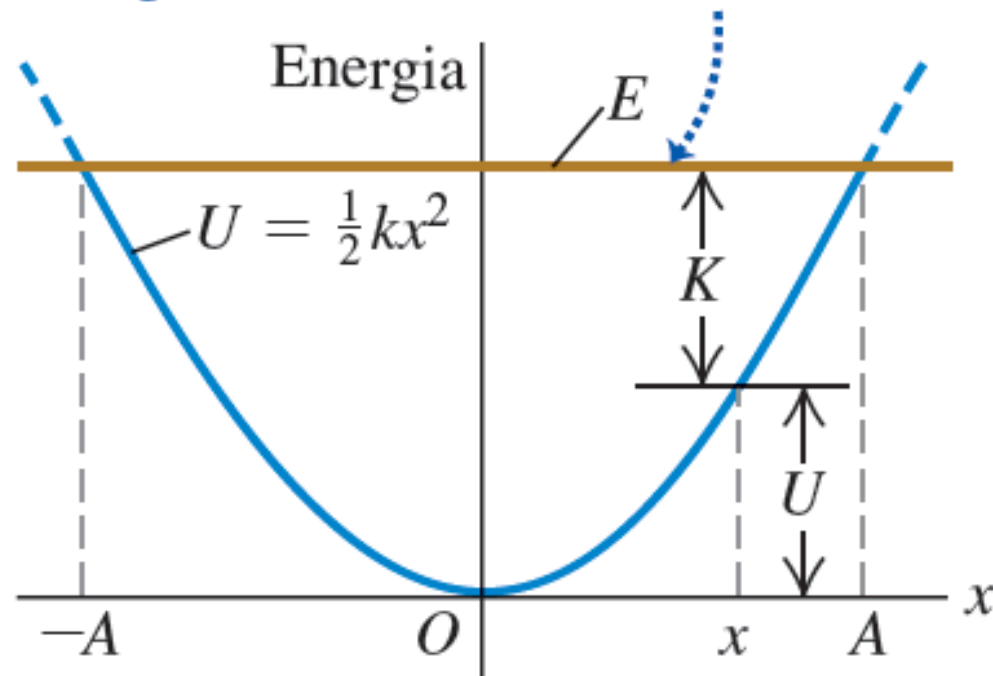
Energia no movimento harmônico simples



Energia no movimento harmônico simples

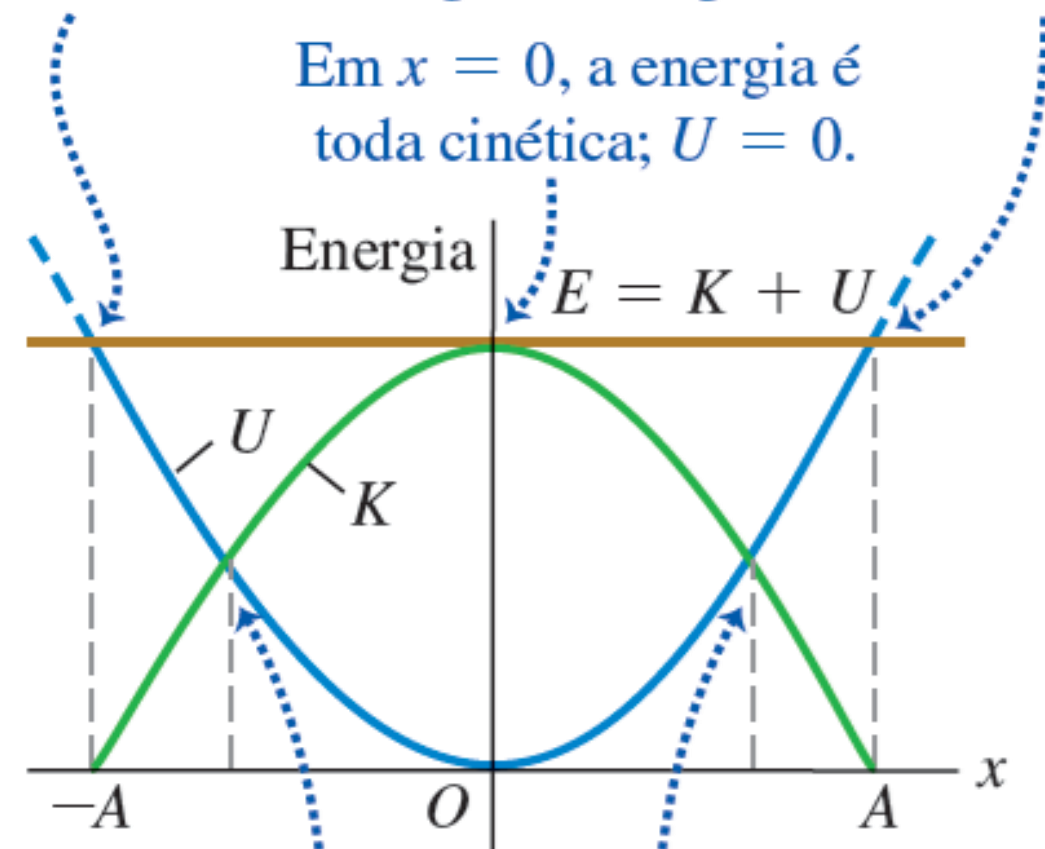
- Energia cinética K , energia potencial U e energia mecânica total E em função da posição no MHS:
deslocamento x

A energia mecânica total E é constante.



Em $x = \pm A$ a energia é toda potencial; $K = 0$.

Em $x = 0$, a energia é toda cinética; $U = 0$.



Nesses pontos, a energia é parte cinética e parte potencial.

