

Ondas



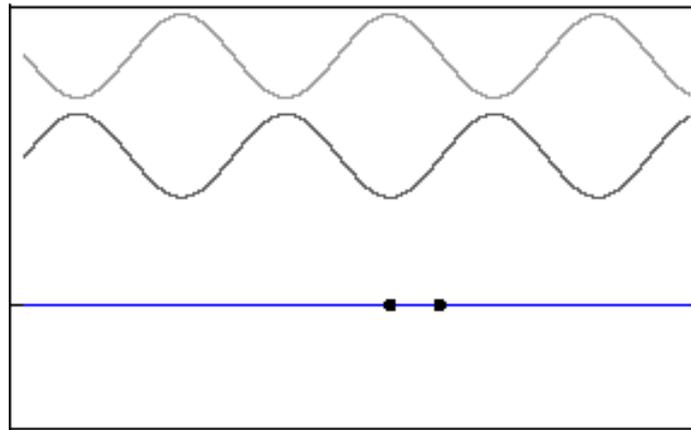
Prof. Luis Gomez

Ondas Estacionárias

Ondas Estacionárias

Uma **onda estacionária** numa corda é a combinação de duas ondas em direções opostas devido a reflexões nas extremidades fixas.

Onda Progressiva
nesta Direção. →

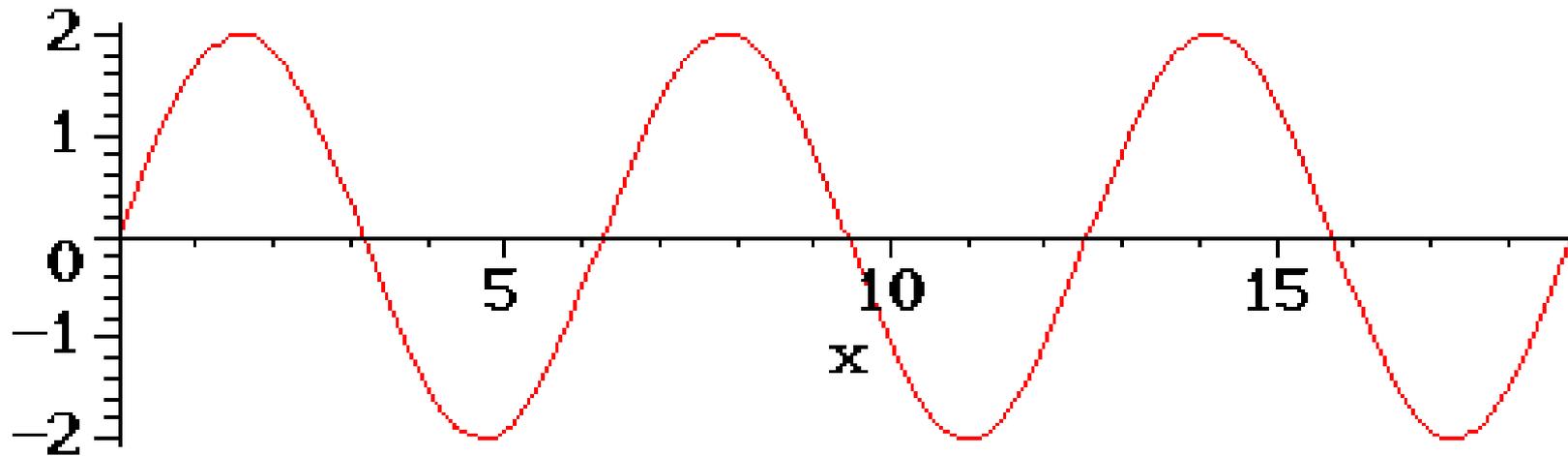
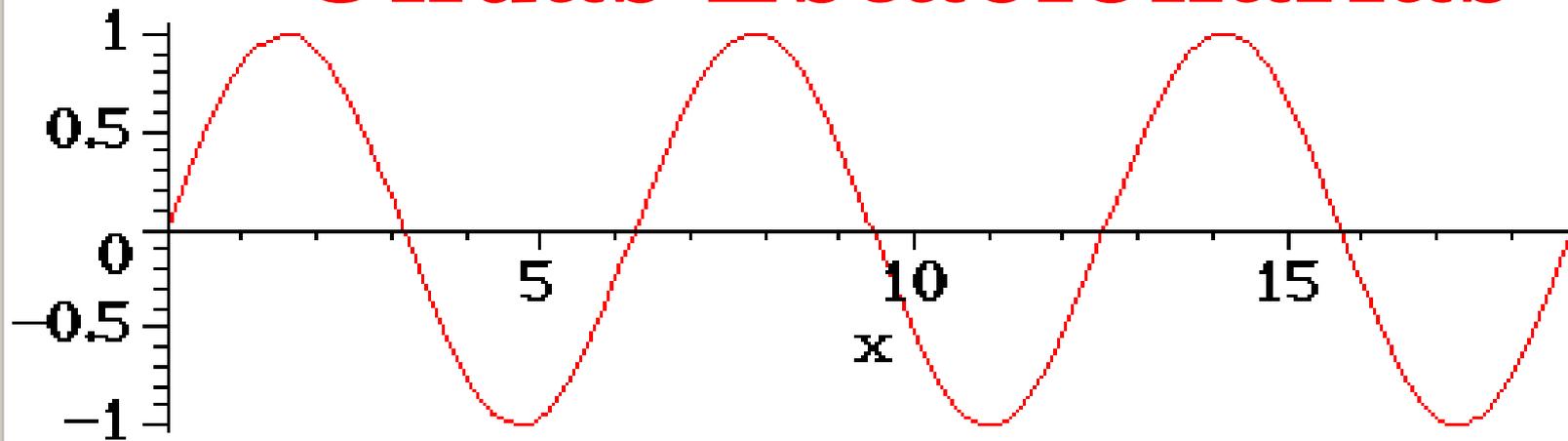


Onda Progressiva
← nesta Direção.

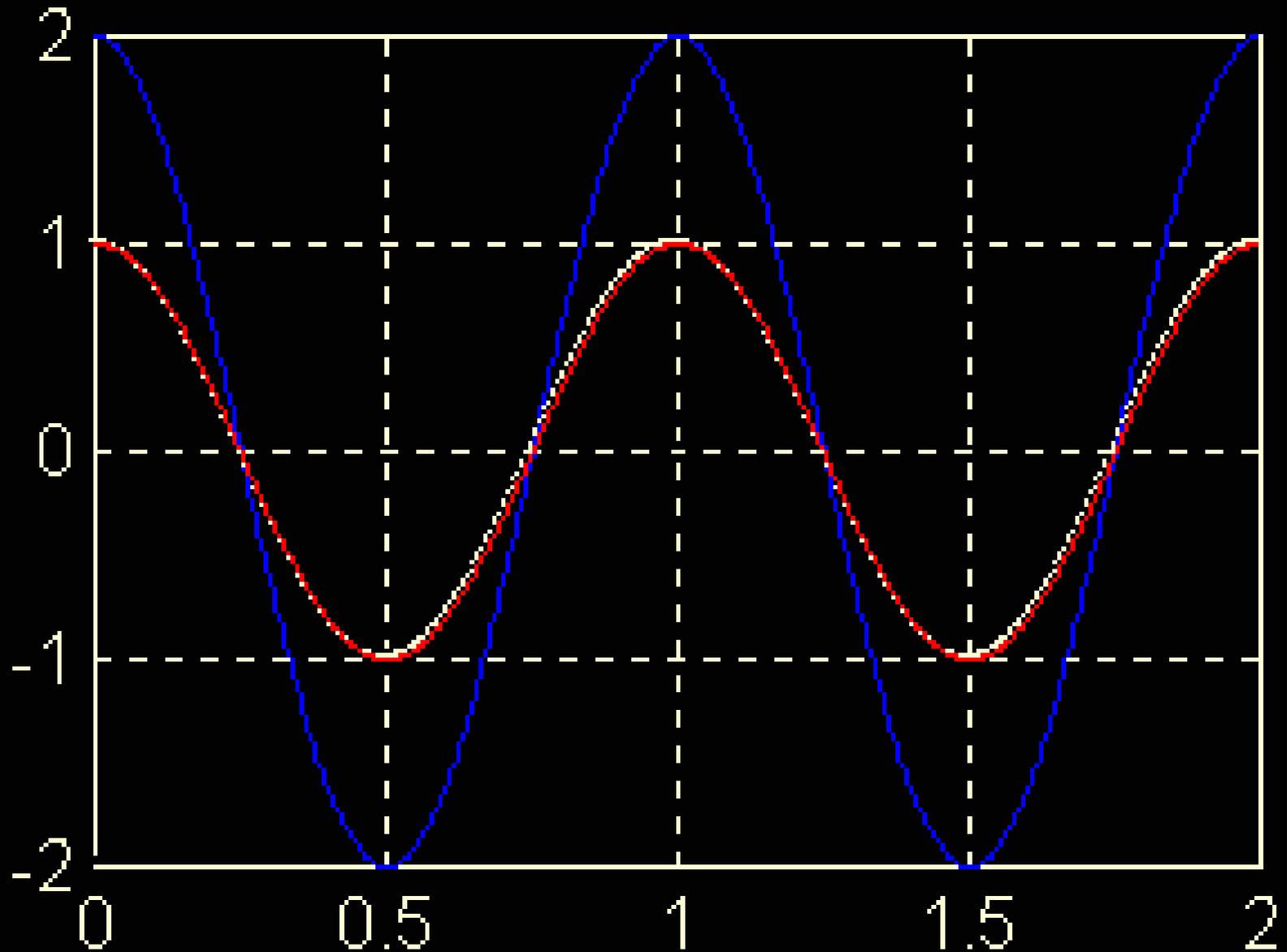
onda estacionária →

- ✓ Os nós ficam parados (não se propagam).
- ✓ Não transportam energia de um lugar para outro

Ondas Estacionárias



ONDA ESTACIONÁRIA



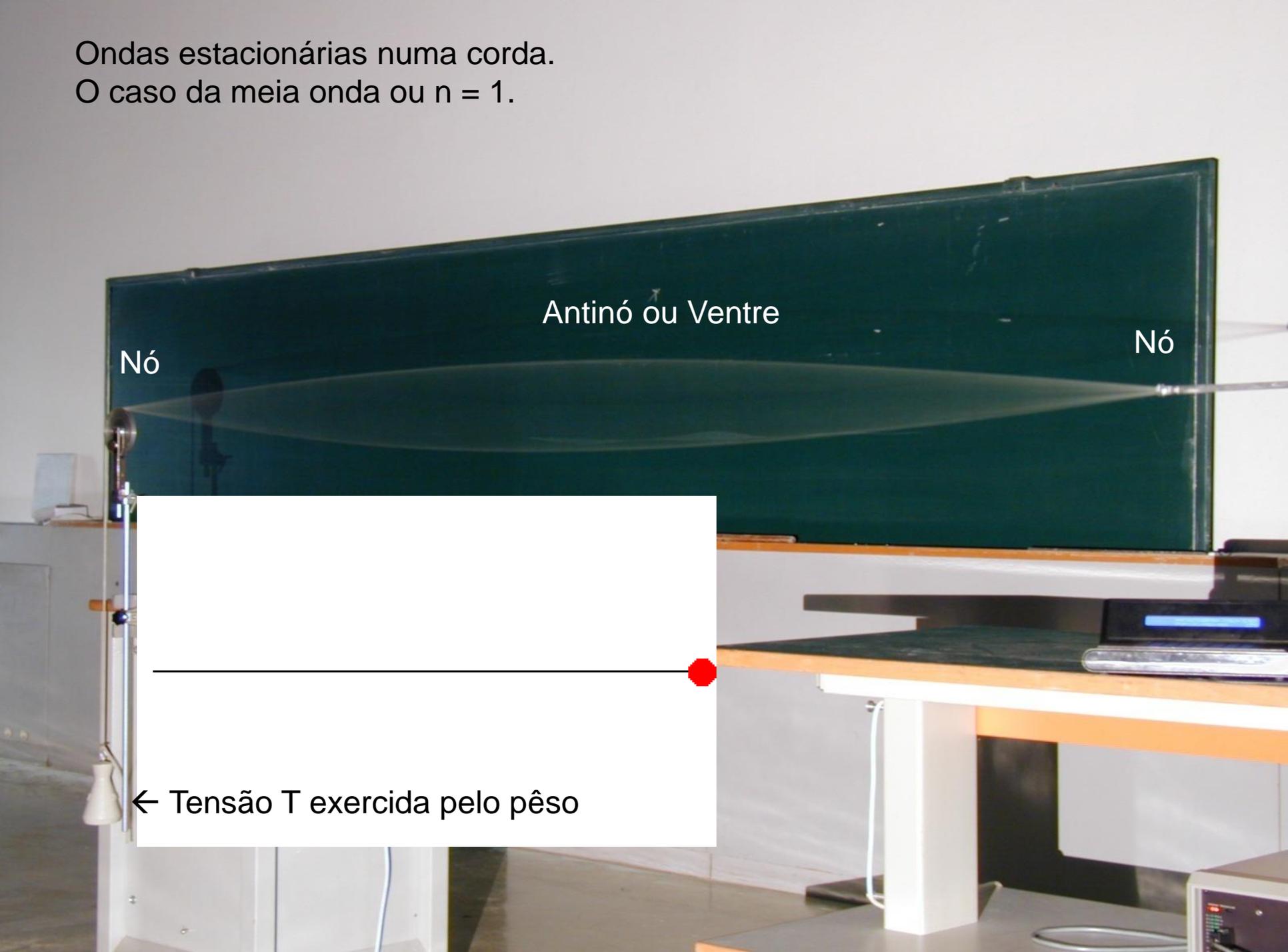
Ondas estacionárias numa corda.
O caso da meia onda ou $n = 1$.

Nó

Antinó ou Ventre

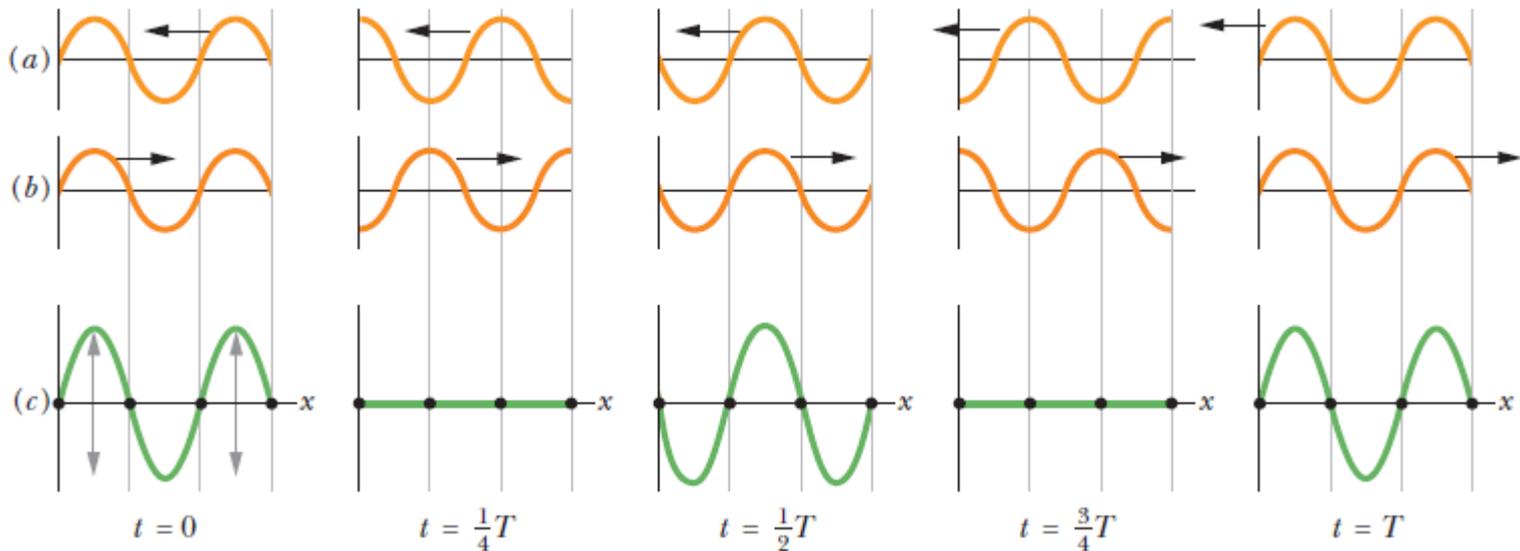
Nó

← Tensão T exercida pelo pêso



Ondas Estacionárias

Consideremos duas ondas de mesmo comprimento de onda e mesma amplitude se propagando em sentidos opostos.



“ Se duas ondas senoidais de uma mesma amplitude e o mesmo comprimento de onda se propagam em sentidos opostos ao longo de uma corda esticada, sua interferência mútua produz uma onda estacionária.”

✓ Equação da onda estacionária

$$y'(x,t) = [2y'_m \text{sen}kx] \cos(\omega t)$$

Ondas Estacionárias

➤ Onda progressiva a amplitude é a mesma, já em uma onda estacionária a amplitude varia. A onda é nula quando:

$$\text{sen}kx = 0$$

esses valores são:

$$kx = n\pi, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Sabendo que $k = 2\pi/\lambda$ temos

$$x = n \frac{\lambda}{2}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad \text{Posição de Nós}$$

que são os **nós** da minha onda estacionária e portanto a amplitude é nula.

Ondas Estacionárias

➤ A amplitude da onda estacionária é máxima quando

$$\text{sen}kx=1$$

esses valores são:

$$kx = \frac{1}{2}\pi, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi$$

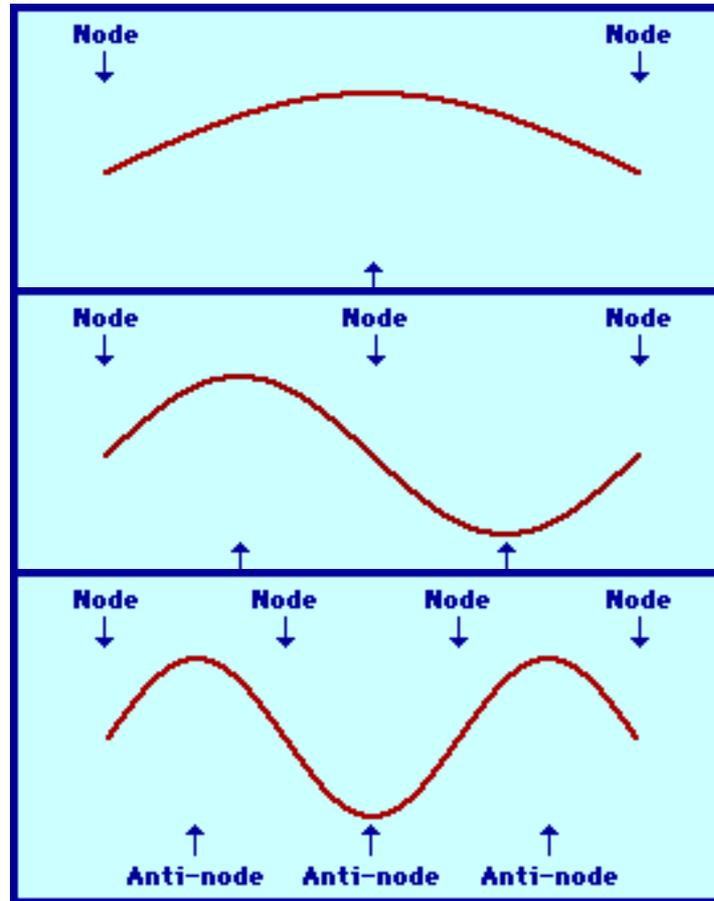
$$kx = \left(n + \frac{1}{2} \pi \right)$$

Sabendo que $k=2\pi/\lambda$ temos

$$x = \left(n + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{2}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad \text{Posição de Antinós}$$

que são os **antinós** da onda estacionária e portanto a amplitude é máxima.

Ondas Estacionárias



Reflexão das ondas em uma interface

mudança de fase

$\Delta\phi = \pi$ **extremidade fixa**

$\Delta\phi = 0$ **extremidade livre**



← Extremo Fixo.
Observa-se a inversão
da fase da onda refletida.



← Extremo Livre.
Sem inversão da fase
da onda refletida.

Ondas Estacionárias e Ressonância

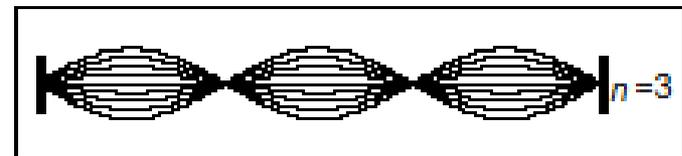
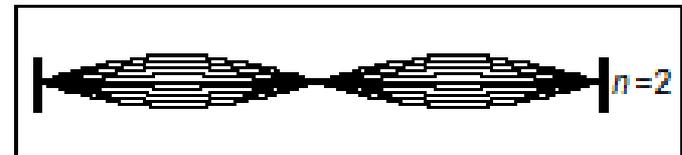
✓ Ondas se refletem sucessivamente nas duas extremidades, produzindo-se uma onda estacionária. Essa onda estacionária dá origem a uma onda sonora que se propaga no ar, com frequência determinada pelas propriedades da corda.

✓ Vimos que a distância entre dois nós é

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

✓ tal ondas estacionárias produz uma ressonância, e a corda ressoa em determinadas frequências de ressonâncias

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$



ressonância é a tendência de um sistema a oscilar em máxima amplitude em certas frequências, conhecido como 'frequências ressonantes'

Ondas Estacionárias e Ressonância

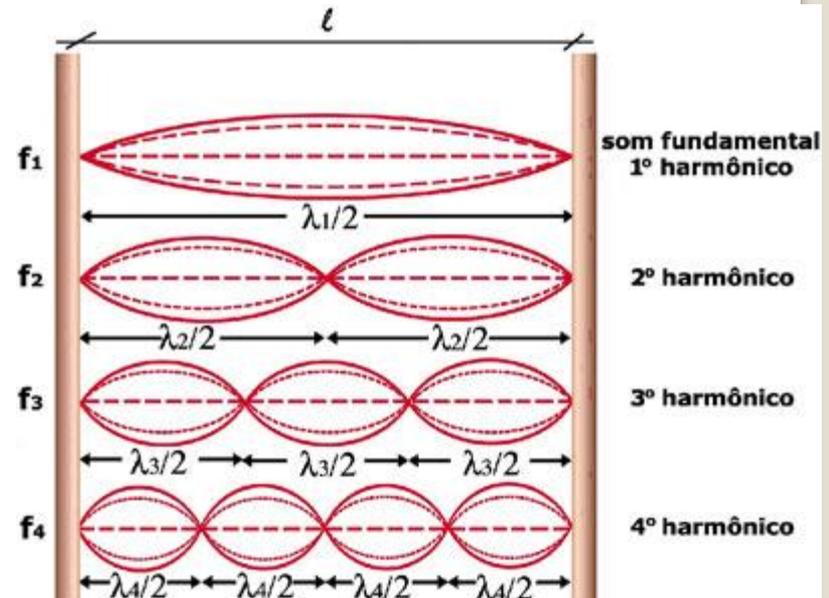
✓ Para cada valores de comprimento de onda, temos uma frequência de ressonância equivalente

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n \frac{v}{2L}$$

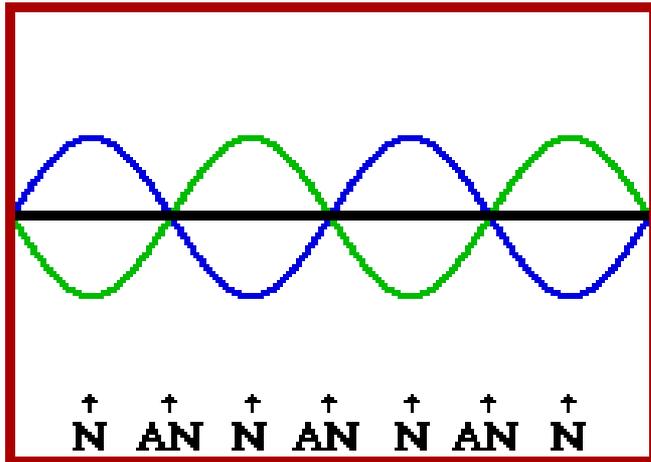
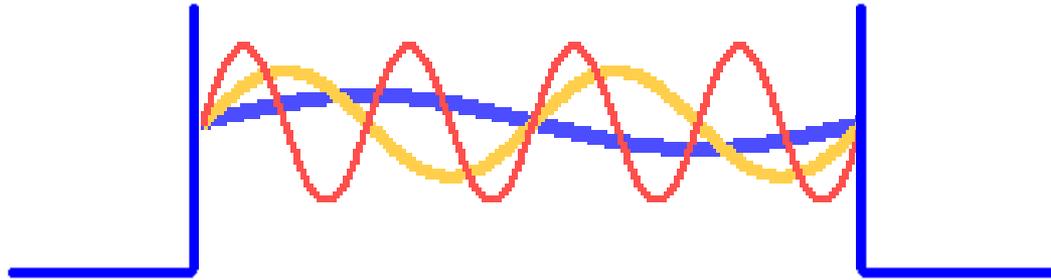
✓ para $n = 1$

$$f_1 = \frac{v}{2L}$$

que é a frequência fundamental. O conjunto de todas as frequências são chamadas de Série Harmônica, ou sobretom.



Ondas Estacionárias e Ressonância



$$\lambda_n = 2L/n,$$

$$f_n = v/\lambda_n = nf_1$$

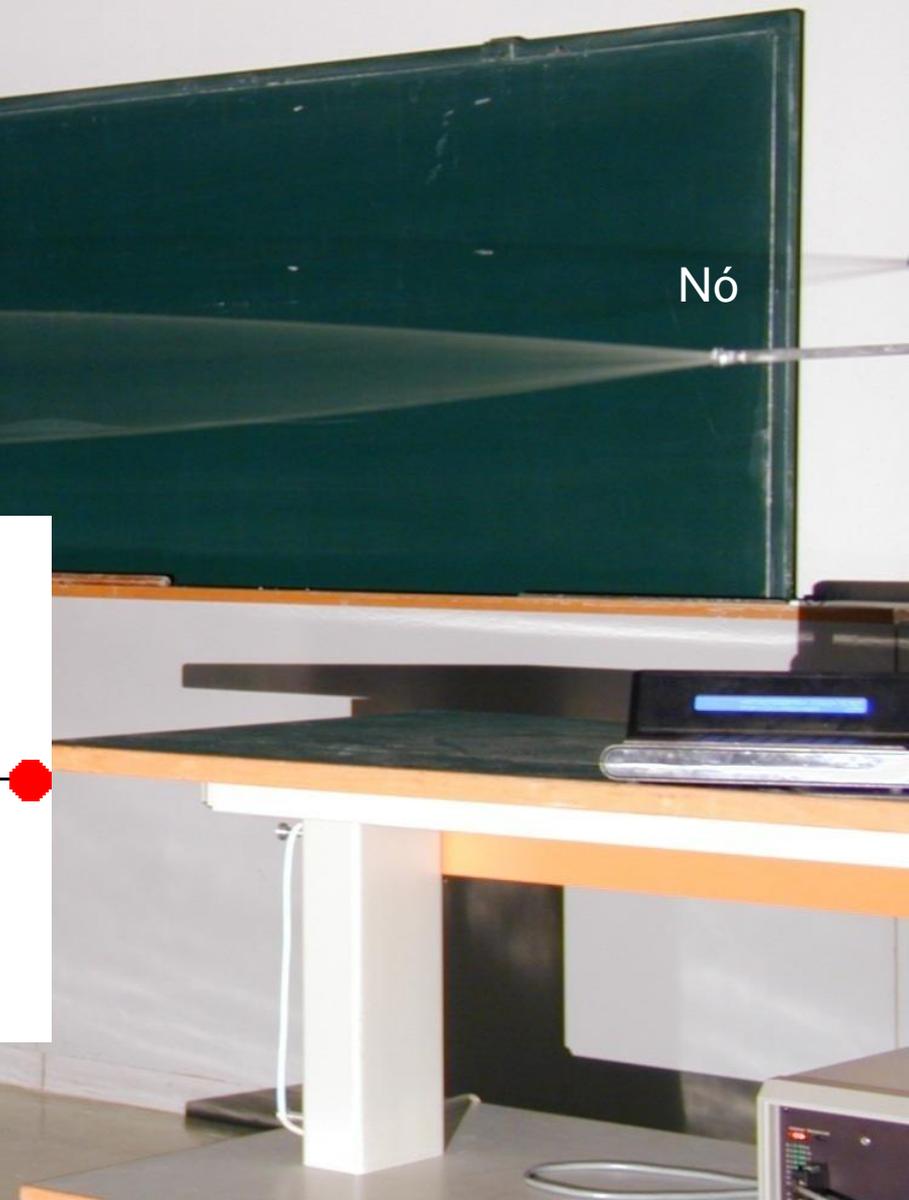
Ondas estacionárias numa corda.
O caso da meia onda ou $n = 1$.

Nó

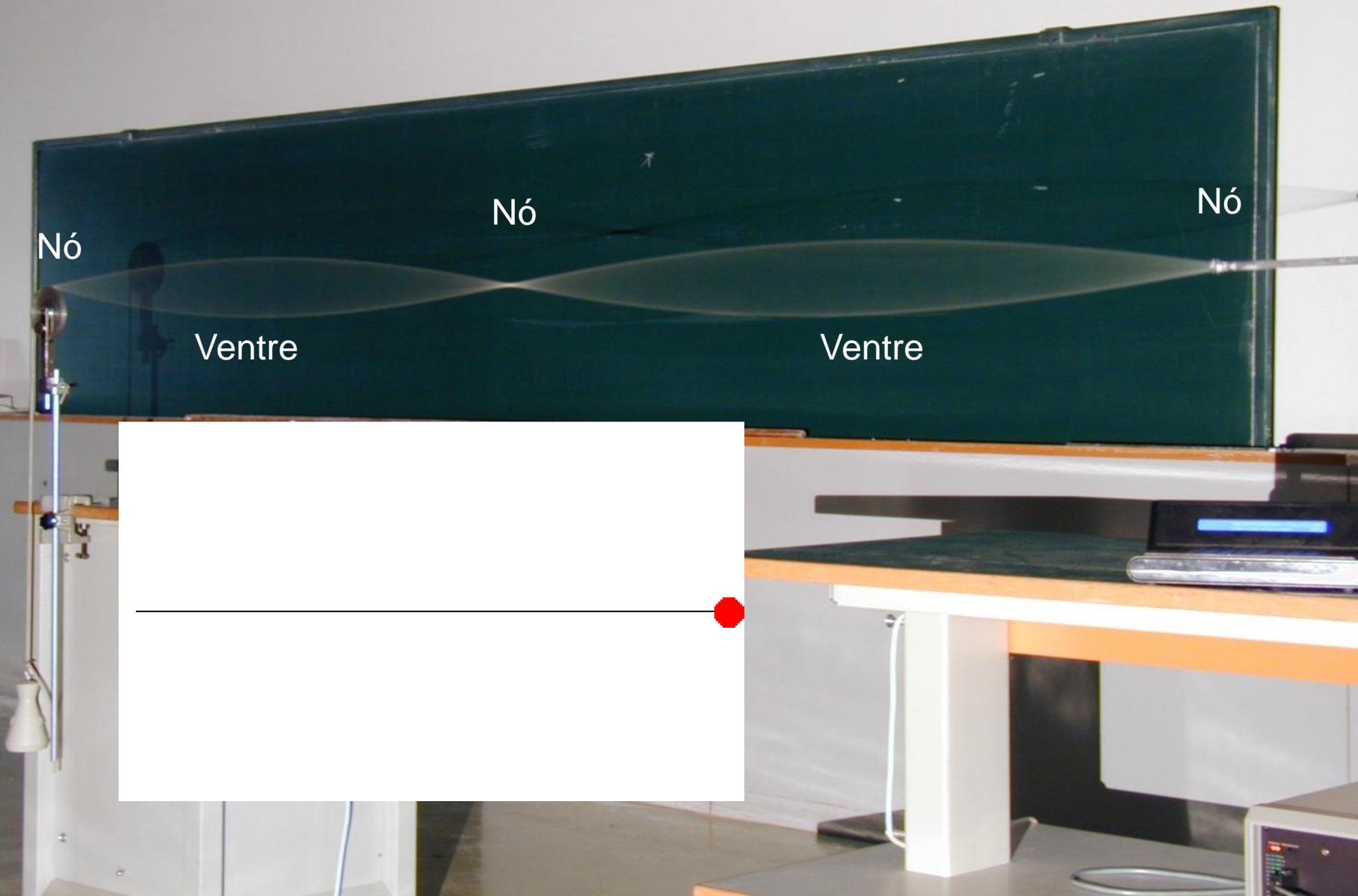
Ventre

Nó

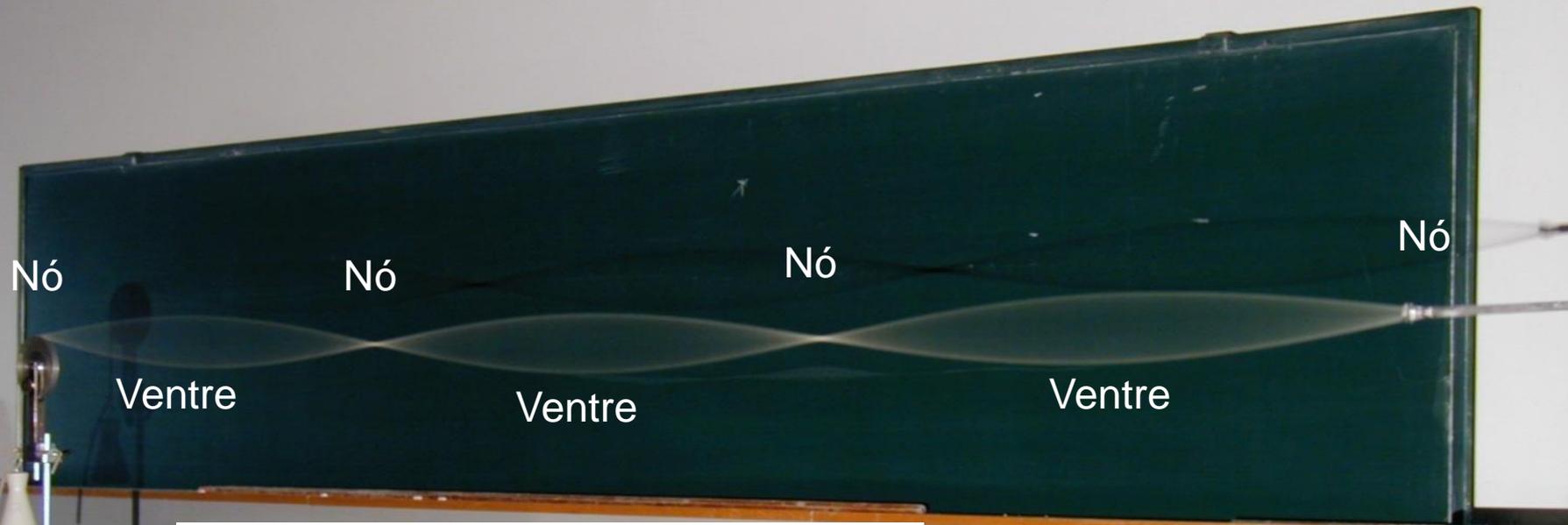
← Tensão T exercida pelo pêso



Ondas estacionárias numa corda.
O caso da onda inteira ou $n = 2$.

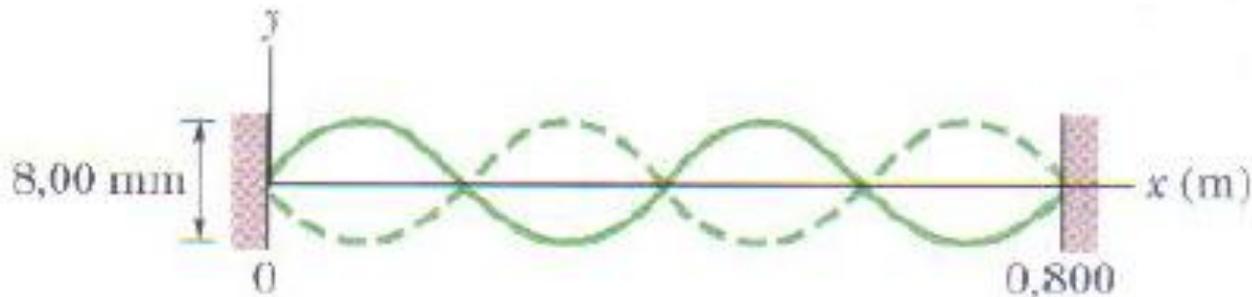


Ondas estacionárias numa corda.
O caso da $1\frac{1}{2}$ de onda ou $n = 3$.



Exemplo

A figura mostra a oscilação ressonante de uma corda de massa $m = 2,500 \text{ g}$ e comprimento $L = 0,8 \text{ m}$, sob uma tensão $T = 325 \text{ N}$. **A)** Qual é o comprimento de onda λ das ondas transversais responsáveis pela onda estacionária mostrada na figura e qual é o número harmônico n ? **B)** Qual é a frequência f das ondas transversais e das oscilações dos elementos da corda? **C)** Qual é o módulo máximo da velocidade V_y do elemento da corda que oscila no ponto de coordenada $x = 0,180 \text{ m}$ (o eixo x está indicado na figura)? Para que deslocamento do elemento a velocidade é máxima?



FIM