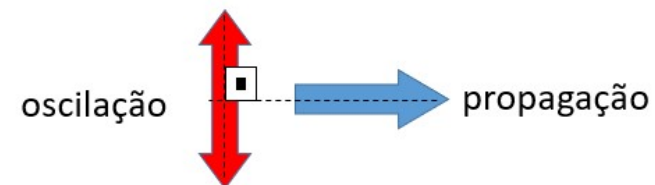
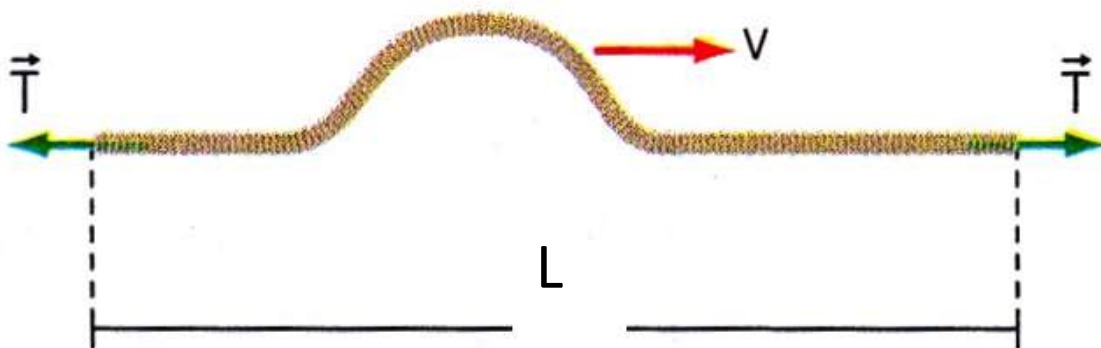


Onda estacionária e cordas vibrantes

Apresentação, orientação e tarefa: fisicasp.com.br

Professor **Caio Gomes**

1. Equação de Taylor



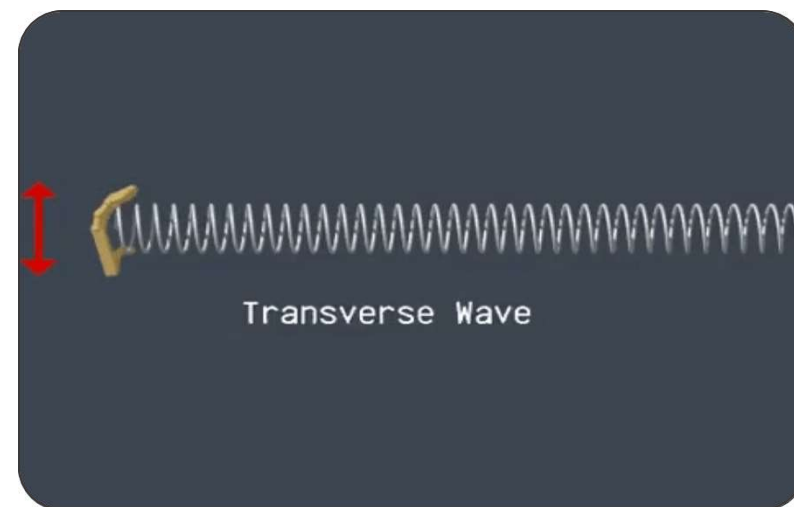
- v : velocidade de propagação – SI: (m/s)
- T : força de tração – SI: (N)
- L : comprimento da corda – SI: (m)
- μ : densidade linear da corda – SI: (kg/m)

Velocidade de propagação: equação de Taylor

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Densidade linear

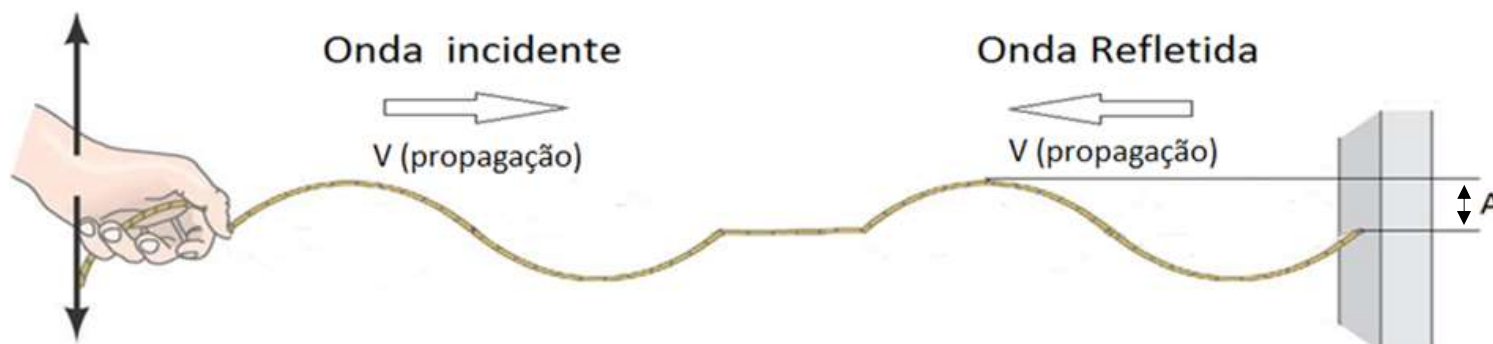
$$\mu = \frac{m}{L}$$



Standing Waves on a string

QuantumBoffin

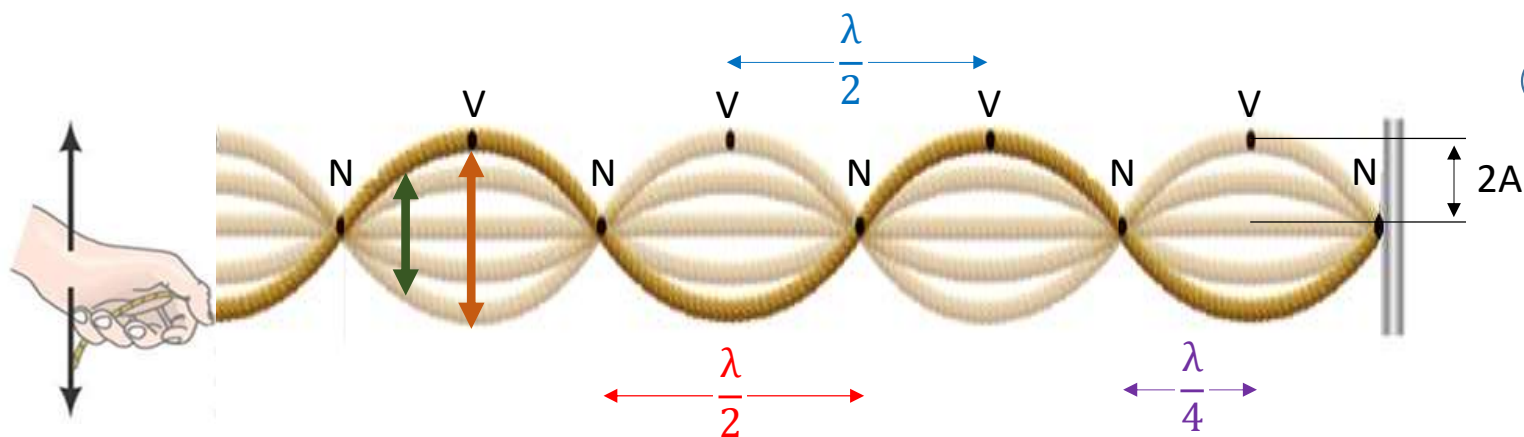
2. Onda estacionária



Ondas progressivas



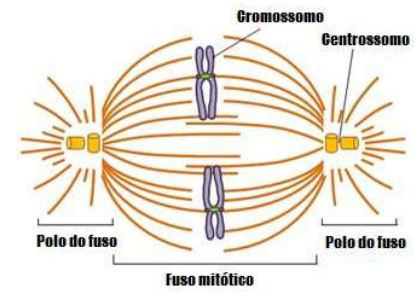
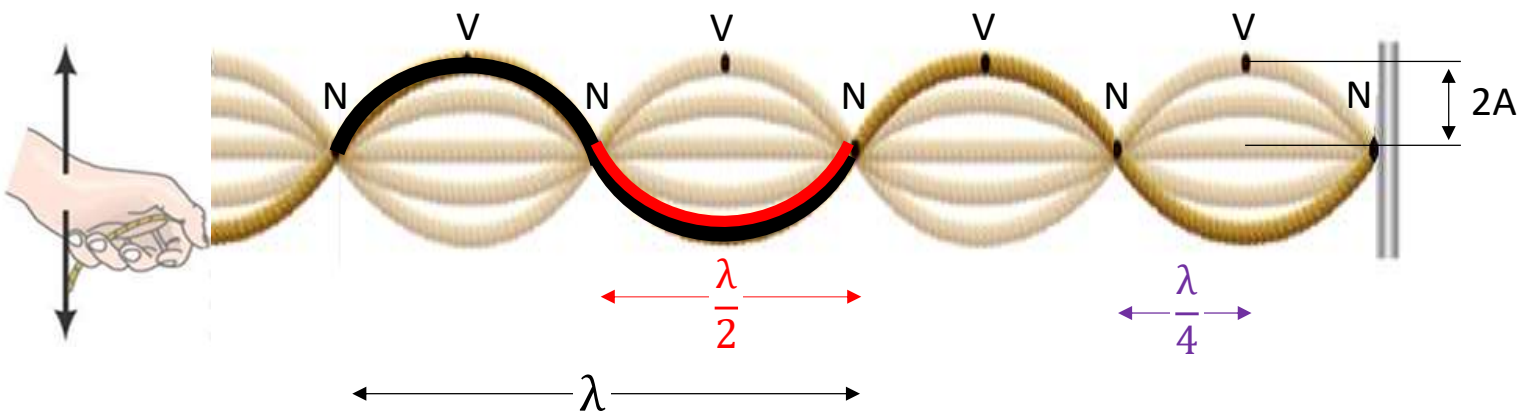
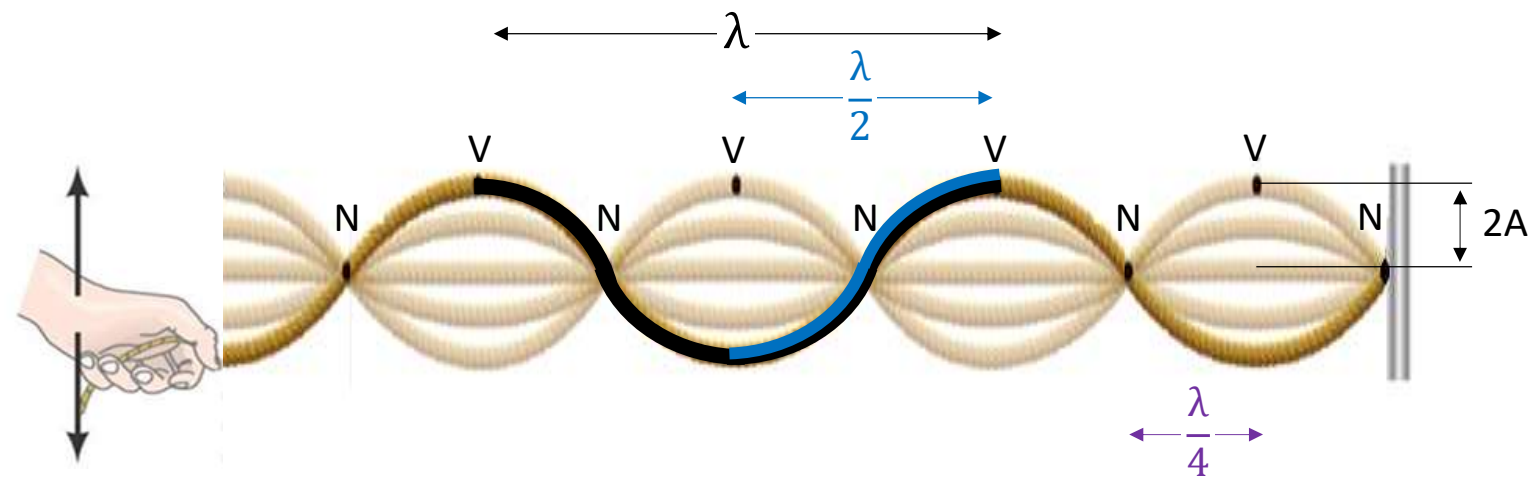
- Nó: interferência destrutiva
- Ventre: interferência construtiva



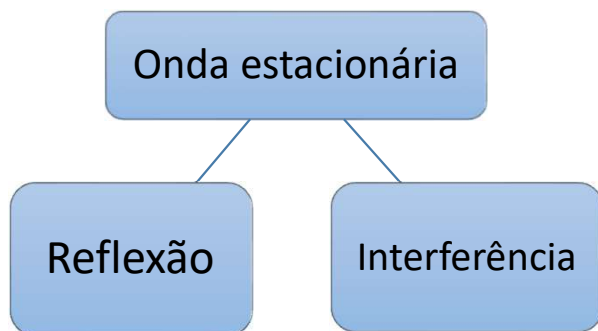
Onda estacionária



2. Onda estacionária



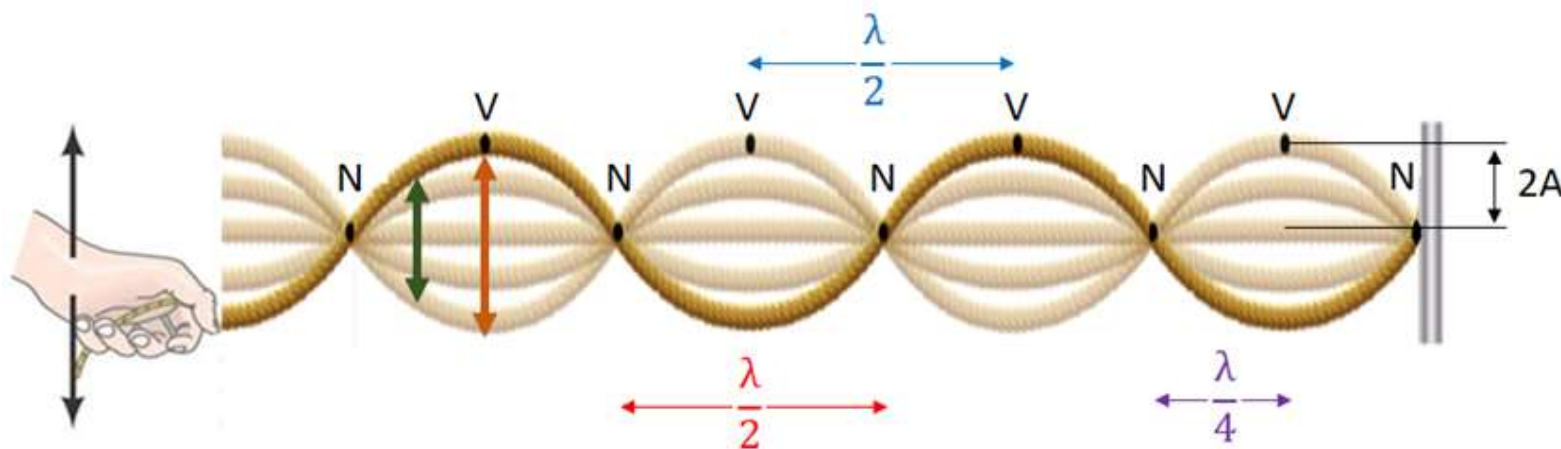
2. Onda estacionária



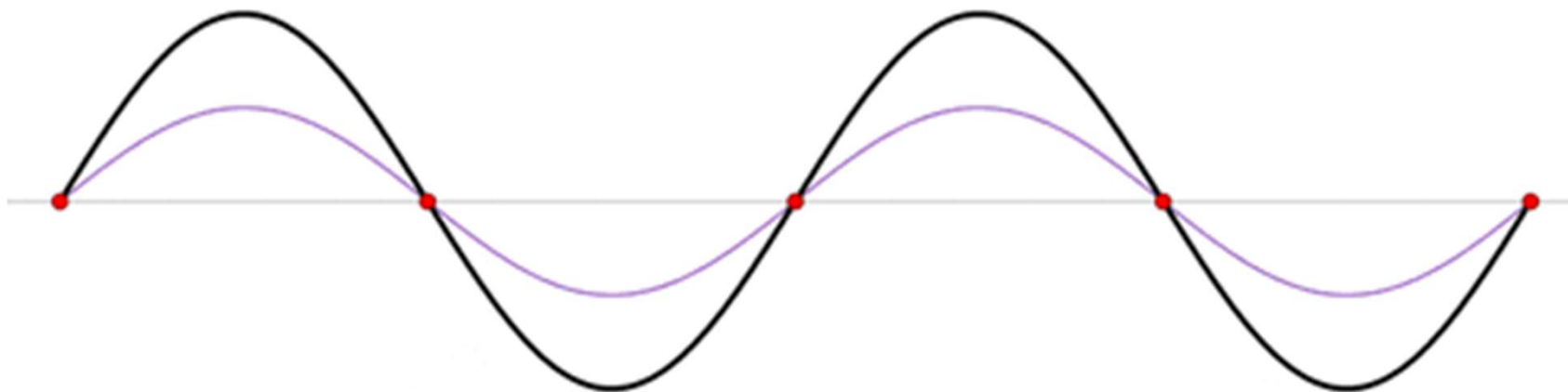
	Ondas originais	Onda estacionária
Amplitude	A	2A
Comp. de onda	λ	λ
Frequência	f	f

$$V = \lambda \cdot f$$

- Nó: interferência destrutiva
- Ventre: interferência construtiva



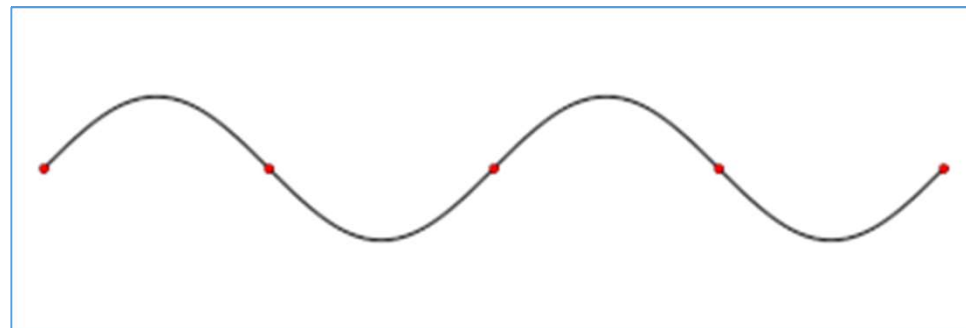
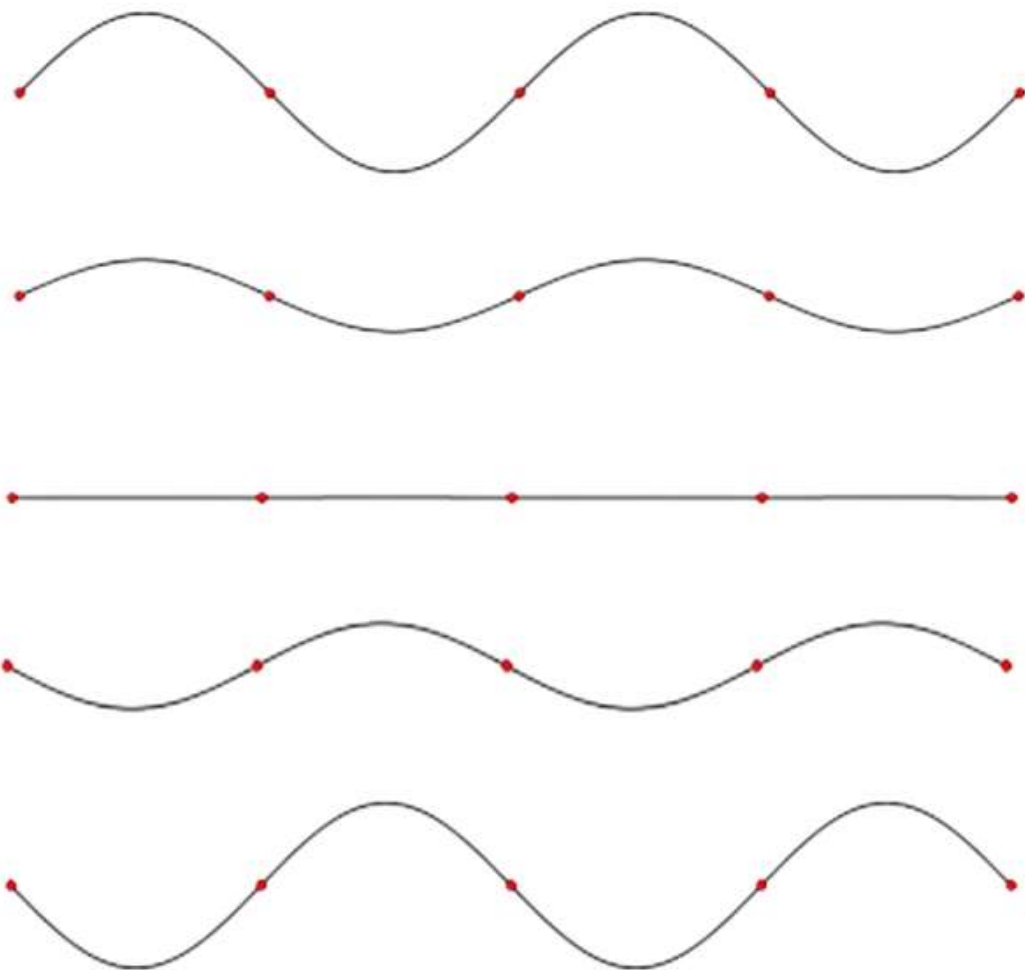
Simulador



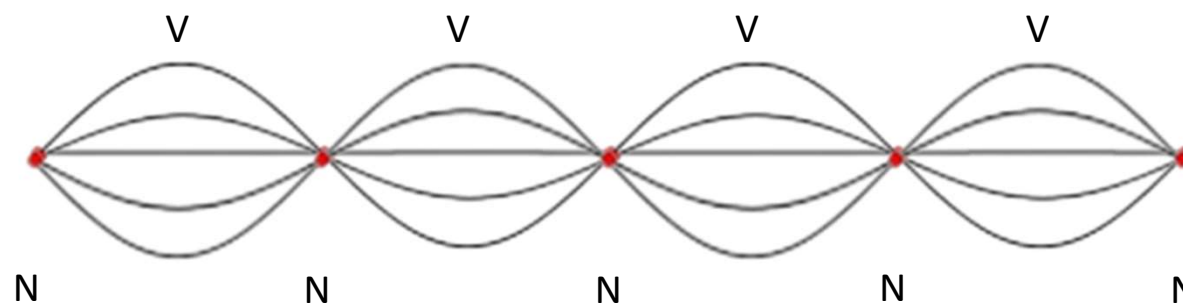
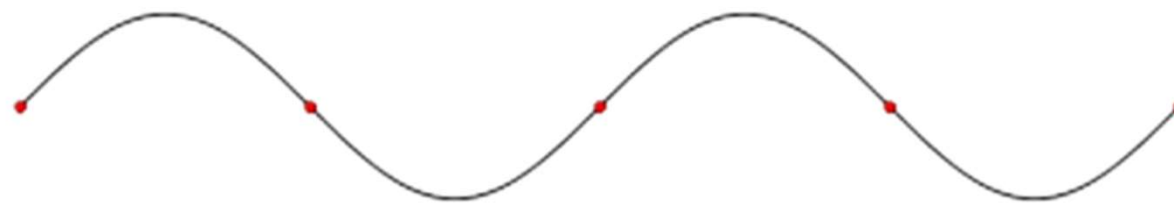
lucasvb.tumblr.com

https://iwant2study.org/lookangejss/04waves_11superposition/ejss_model_wave1d01/wave1d01_Simulation.xhtml

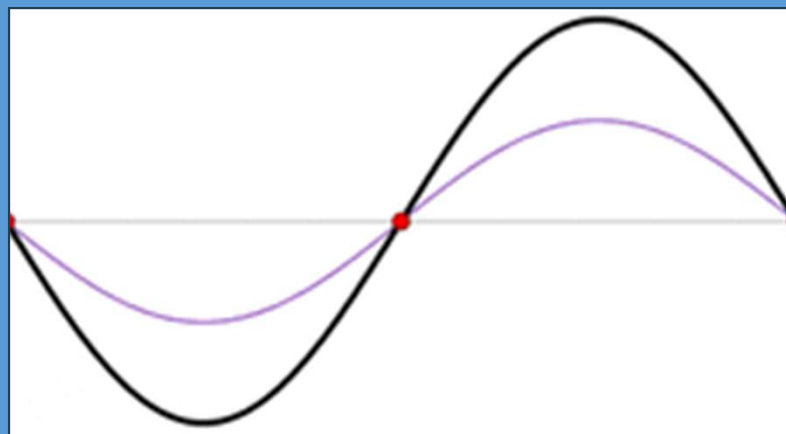
2. Onda estacionária



2. Onda estacionária

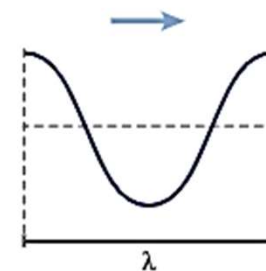
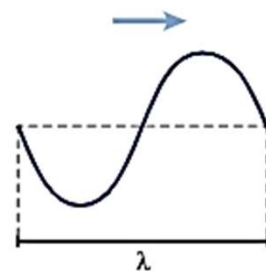
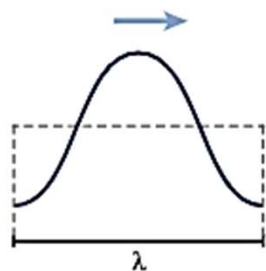
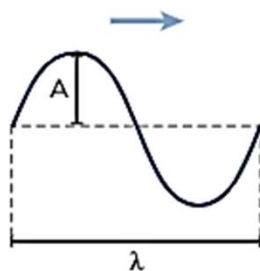


2. Onda estacionária

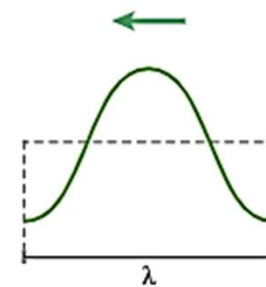
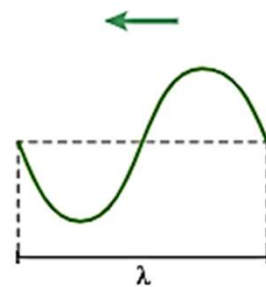
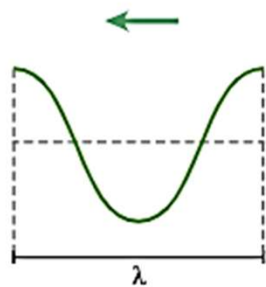
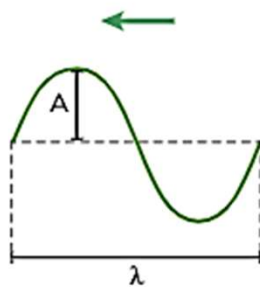


2. Onda estacionária

Onda que se propaga para a direita



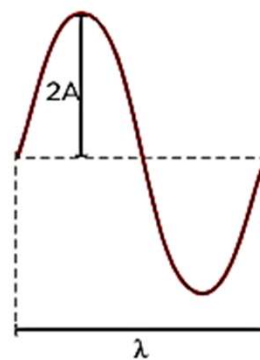
Onda que se propaga para a esquerda



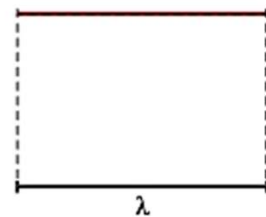
Superposição das ondas (onda estacionária)



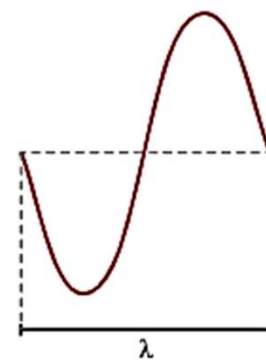
+



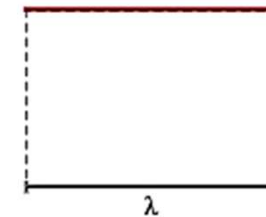
$$t_0 = 0$$



$$t = \frac{T}{4}$$

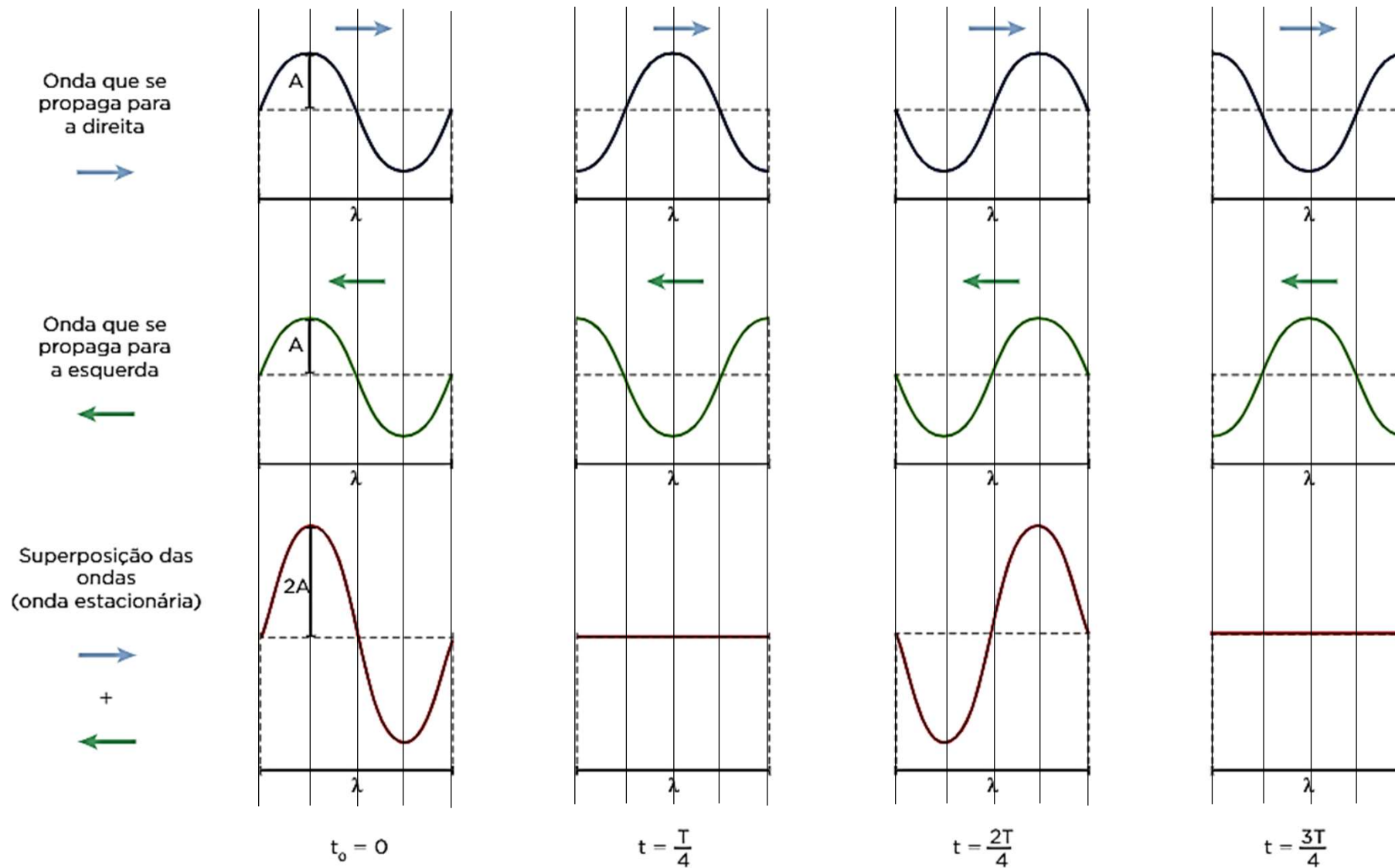


$$t = \frac{2T}{4}$$

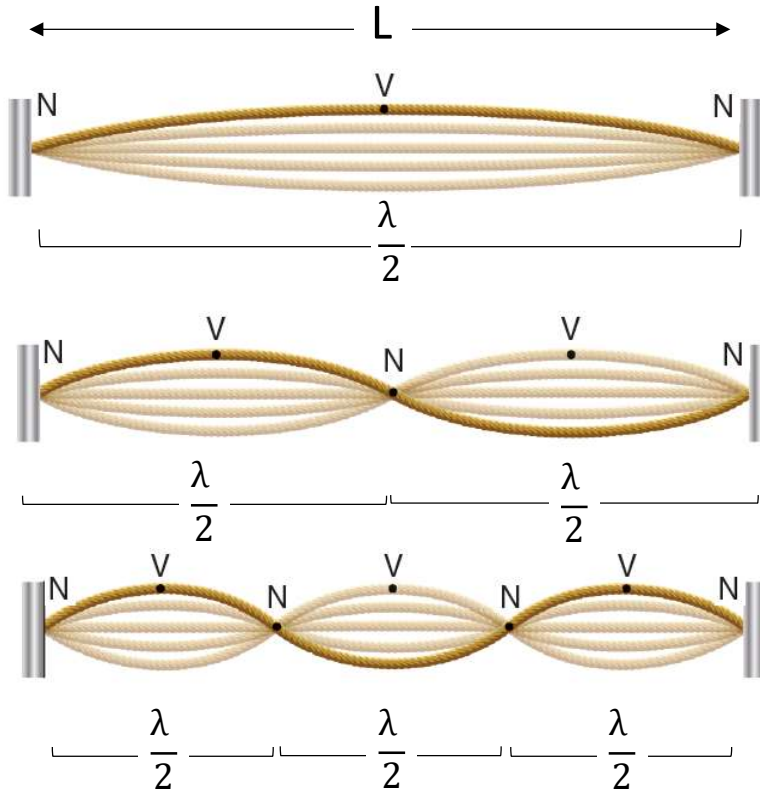
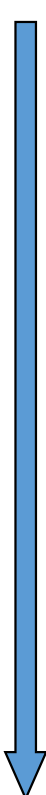


$$t = \frac{3T}{4}$$

2. Onda estacionária



3. Modos de vibração: duas extremidades fixas



Primeiro harmônico (fundamental)
n = 1

Segundo harmônico
n = 2

Terceiro harmônico
n = 3

n = 1, 2, 3, 4 ...

$$L = (1) \cdot \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{2L}{(1)}$$

$$L = (2) \cdot \frac{\lambda_2}{2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2L}{(2)}$$

$$L = (3) \cdot \frac{\lambda_3}{2} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{(3)}$$

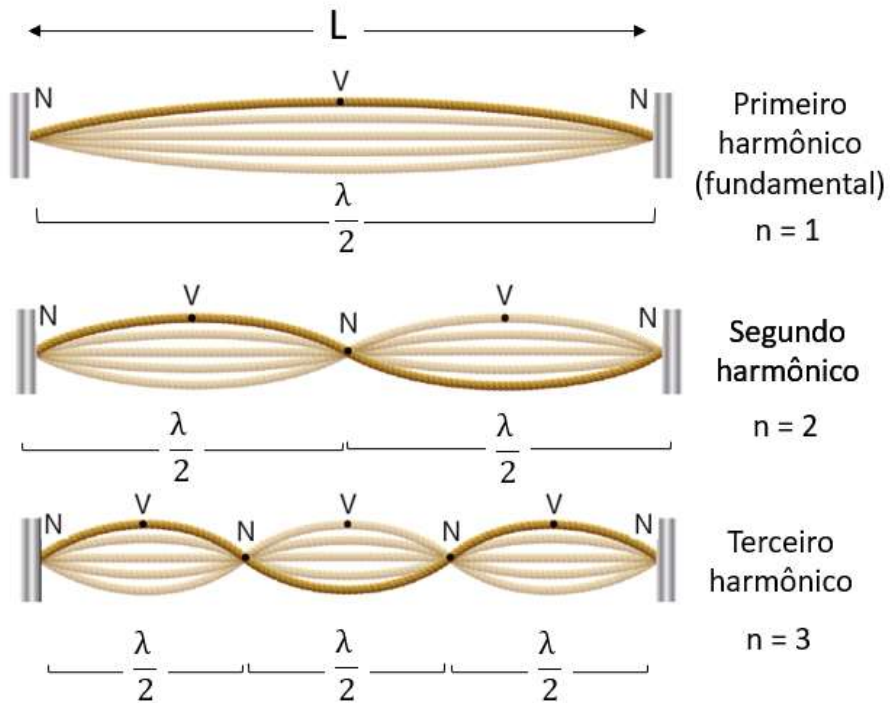
$$L = (n) \cdot \frac{\lambda_n}{2} \Rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{(n)}$$

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

f : aumenta
v : constante
λ : diminui

$$\uparrow f_n = \frac{v_{cte}}{\lambda_n \downarrow} \quad \uparrow f_n = \uparrow (n) \left[\frac{v}{2L} \right]$$

3. Modos de vibração: duas extremidades fixas



$$f_2 = (2) f_1$$

$$f_3 = (3) f_1$$

$$f_n = (n) f_1$$

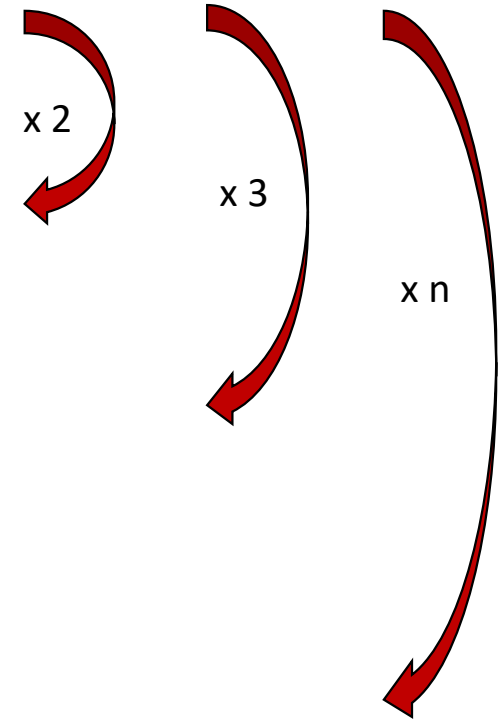
$n = 1, 2, 3, 4 \dots$

$$f_1 = (1) \frac{v}{2L}$$

$$f_2 = (2) \frac{v}{2L}$$

$$f_3 = (3) \frac{v}{2L}$$

$$f_n = (n) \frac{v}{2L}$$



3. Modos de vibração: duas extremidades fixas



$$f = n \cdot \frac{1}{2L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

3. Modos de vibração – duas extremidades fixas

Primeiro
harmônico
(fundamental)



Segundo
harmônico

Terceiro
harmônico



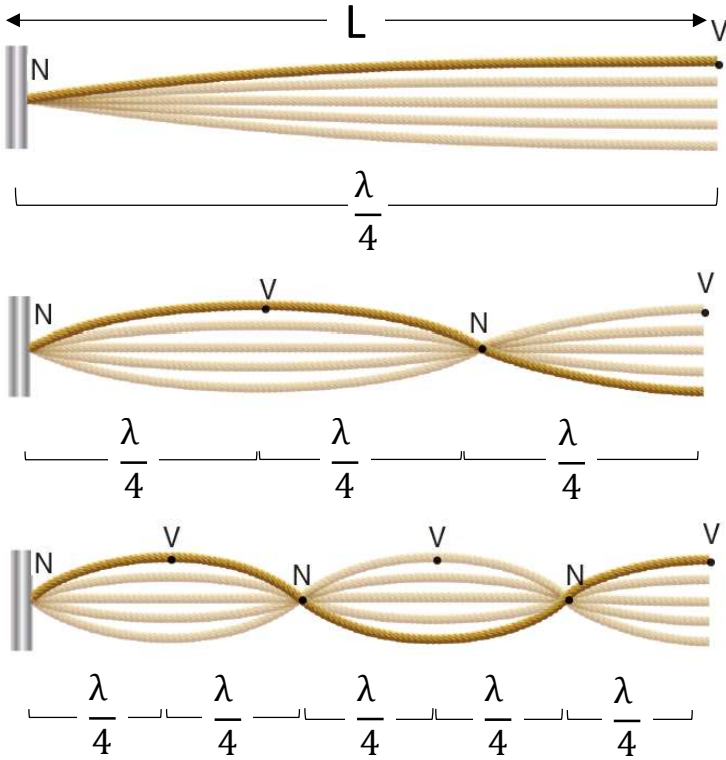
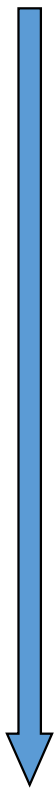
Quarto
harmônico

Quinto
harmônico



Sexto
harmônico

4. Modos de vibração: uma extremidade livre



Primeiro harmônico (fundamental)
n = 1

Terceiro harmônico
n = 3

Quinto harmônico
n = 5

n = 1, 3, 5, 7 ... (ímpar)

$$L = (1) \cdot \frac{\lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4L}{(1)}$$

$$L = (3) \cdot \frac{\lambda_3}{4} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4L}{(3)}$$

$$L = (5) \cdot \frac{\lambda_5}{4} \Rightarrow \lambda_5 = \frac{4L}{(5)}$$

$$L = (n) \cdot \frac{\lambda_n}{4} \Rightarrow \lambda_n = \frac{4L}{(n)}$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \Rightarrow f_n = \frac{v}{\frac{4L}{(n)}} \Rightarrow f_n = (n) \frac{v}{4L}$$

f : aumenta
v : constante
λ : diminui

$$\uparrow f_n = \frac{v_{cte}}{\lambda_n \downarrow}$$

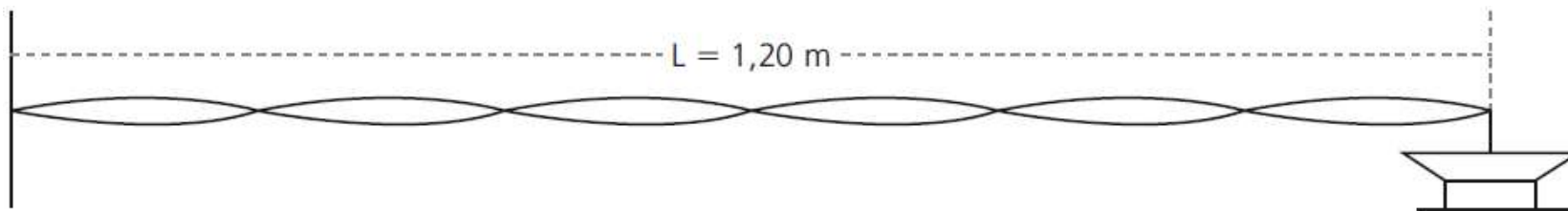
$$\uparrow f_n = \uparrow (n) \left[\frac{v}{4L} \right]$$

cte

Exercícios

1. (UFPR) Num estudo sobre ondas estacionárias, foi feita uma montagem na qual uma fina corda teve uma das suas extremidades presa numa parede e a outra num alto-falante. Verificou-se que o comprimento da corda, desde a parede até o alto-falante, era de 1,20 m. O alto-falante foi conectado a um gerador de sinais, de maneira que havia a formação de uma onda estacionária quando o gerador emitia uma onda com frequência de 6 Hz, conforme é mostrado na figura a seguir.

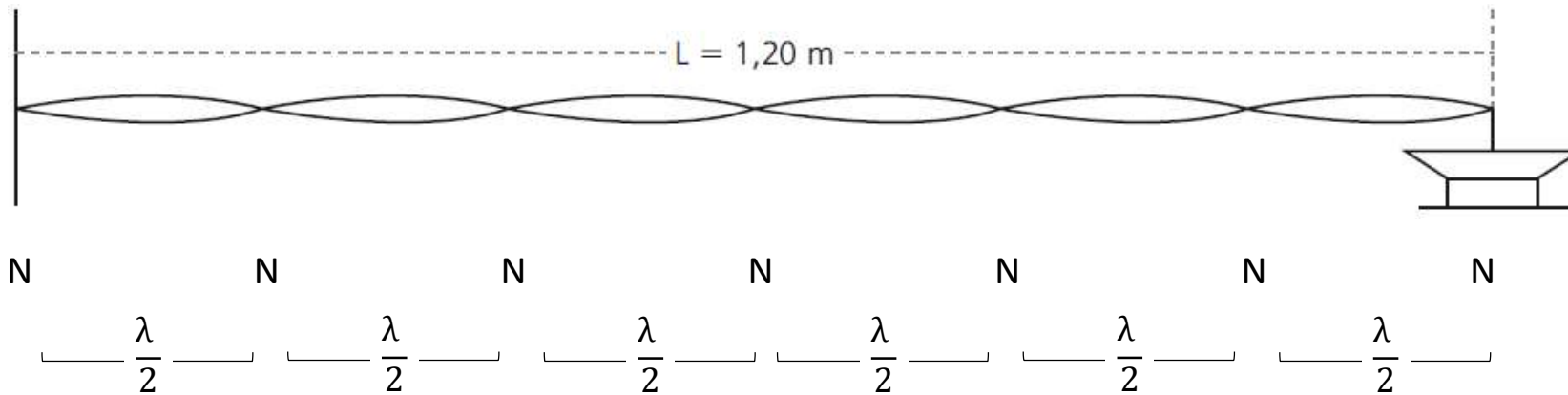
Com base nessa figura, determine, apresentando os respectivos cálculos:



- O comprimento de onda da onda estacionária.
- A velocidade de propagação da onda na corda.

2. (UFPR) Num estudo sobre ondas estacionárias, foi feita uma montagem na qual uma fina corda teve uma das suas extremidades presa numa parede e a outra num alto-falante. Verificou-se que o comprimento da corda, desde a parede até o alto-falante, era de 1,20 m. O alto-falante foi conectado a um gerador de sinais, de maneira que havia a formação de uma onda estacionária quando o gerador emitia uma onda com frequência de 6 Hz, conforme é mostrado na figura a seguir.

Com base nessa figura, determine, apresentando os respectivos cálculos:



a) O comprimento de onda da onda estacionária.

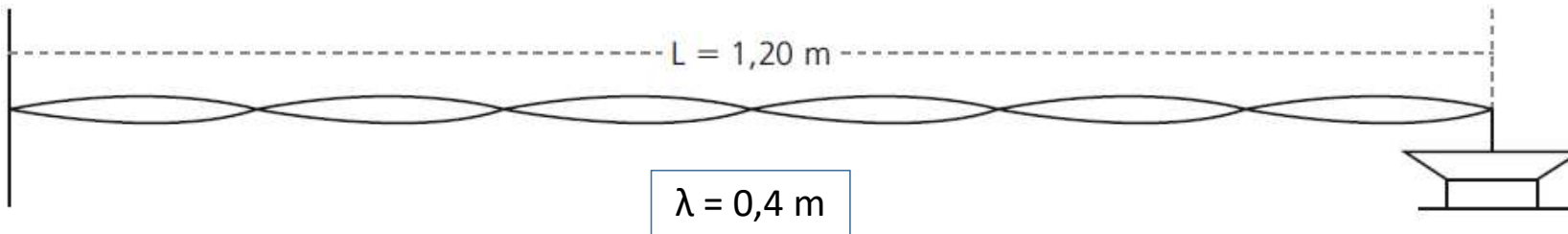
$$6 \cdot \frac{\lambda}{2} = 1,2$$



$$\lambda = \frac{1,2 \cdot 2}{6} = 0,4 \text{ m}$$

1. (UFPR) Num estudo sobre ondas estacionárias, foi feita uma montagem na qual uma fina corda teve uma das suas extremidades presa numa parede e a outra num alto-falante. Verificou-se que o comprimento da corda, desde a parede até o alto-falante, era de 1,20 m. O alto-falante foi conectado a um gerador de sinais, de maneira que havia a formação de uma onda estacionária quando o gerador emitia uma onda com frequência de 6 Hz, conforme é mostrado na figura a seguir.

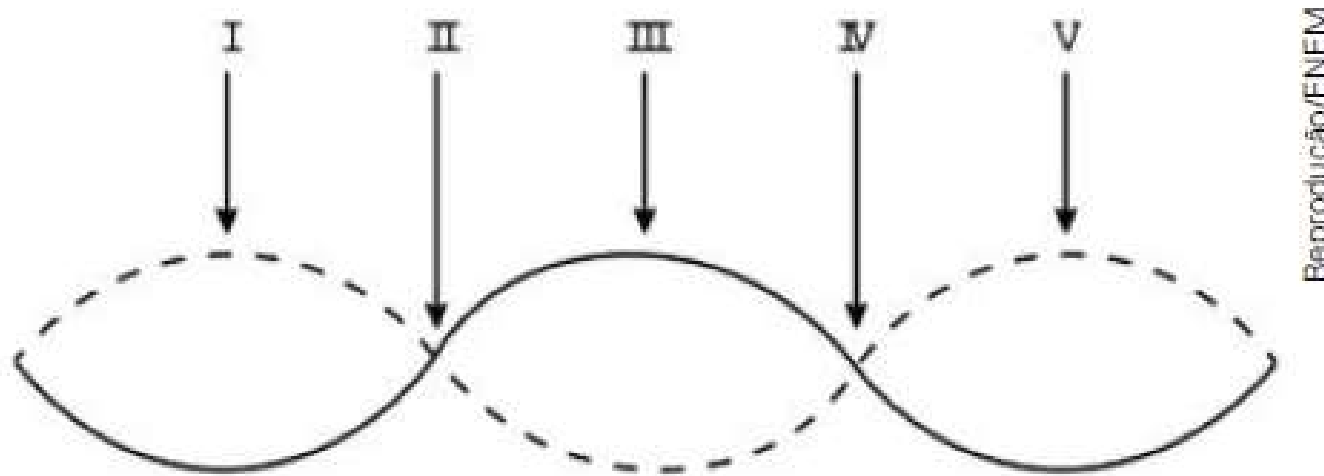
Com base nessa figura, determine, apresentando os respectivos cálculos:



b) A velocidade de propagação da onda na corda.

$$V = \lambda \cdot f = 0,4 \cdot 6 = 2,4 \text{ m/s}$$

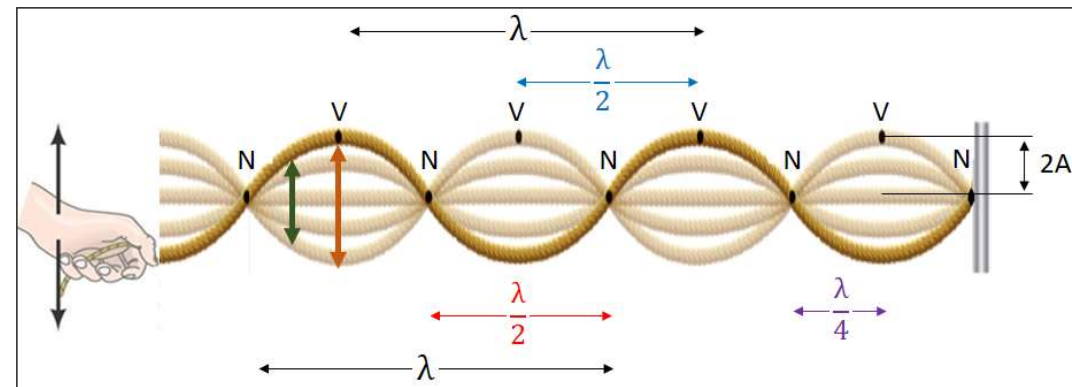
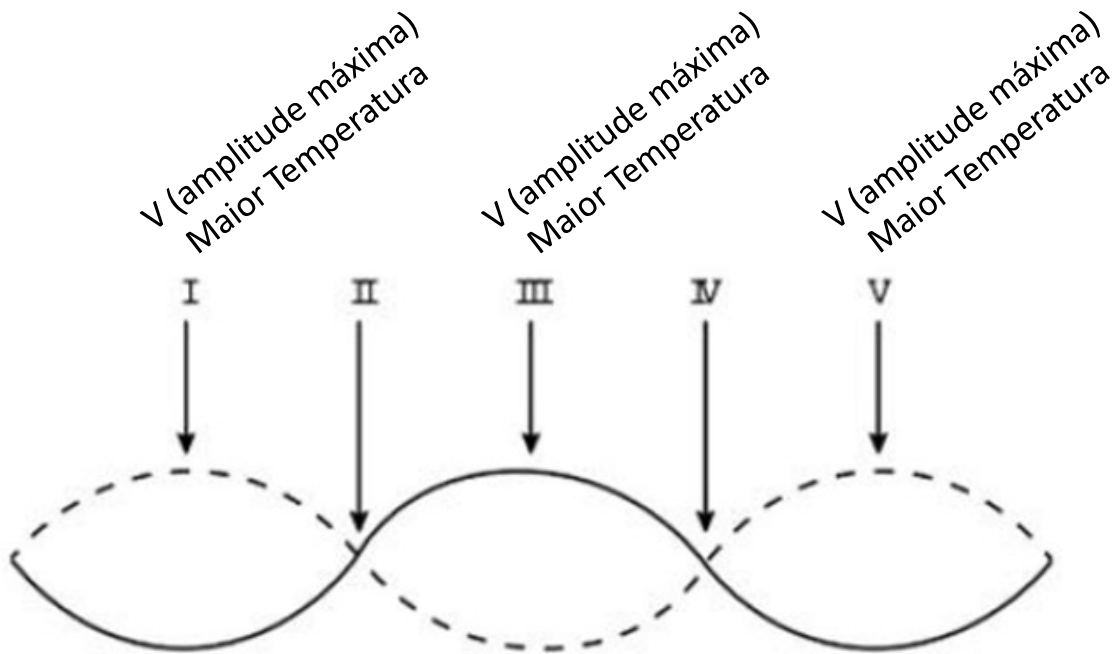
3. (Enem) Um experimento para comprovar a natureza ondulatória da radiação de micro-ondas foi realizado da seguinte forma: anotou-se a frequência de operação de um forno de micro-ondas e, em seguida, retirou-se sua plataforma giratória. No seu lugar, colocou-se uma travessa refratária com uma camada grossa de manteiga. Depois disso, o forno foi ligado por alguns segundos. Ao se retirar a travessa refratária do forno, observou-se que havia três pontos de manteiga derretida alinhados sobre toda a travessa. Parte da onda estacionária gerada no interior do forno é ilustrada na figura.



De acordo com a figura, que posições correspondem a dois pontos consecutivos da manteiga derretida?

- a) I e III b) I e V c) II e III d) II e IV e) II e V

3. (Enem) Um experimento para comprovar a natureza ondulatória da radiação de micro-ondas foi realizado da seguinte forma: anotou-se a frequência de operação de um forno de micro-ondas e, em seguida, retirou-se sua plataforma giratória. No seu lugar, colocou-se uma travessa refratária com uma camada grossa de manteiga. Depois disso, o forno foi ligado por alguns segundos. Ao se retirar a travessa refratária do forno, observou-se que havia três pontos de manteiga derretida alinhados sobre toda a travessa. Parte da onda estacionária gerada no interior do forno é ilustrada na figura.



De acordo com a figura, que posições correspondem a dois pontos consecutivos da manteiga derretida?

a) I e III

b) I e V

c) II e III

d) II e IV e) II e V

Chocolate no forno de micro-ondas

