Física 2 – Ciências Moleculares

Caetano R. Miranda

AULA 20 – 22/04/2024

crmiranda@usp.br

Projetos – etapa descoberta

Ótimo!

Você definiu o desafio para criar soluções e esboçou um plano de trabalho para você e sua equipe.

Agora, você está pronto para a primeira fase do processo de design: a Descoberta.

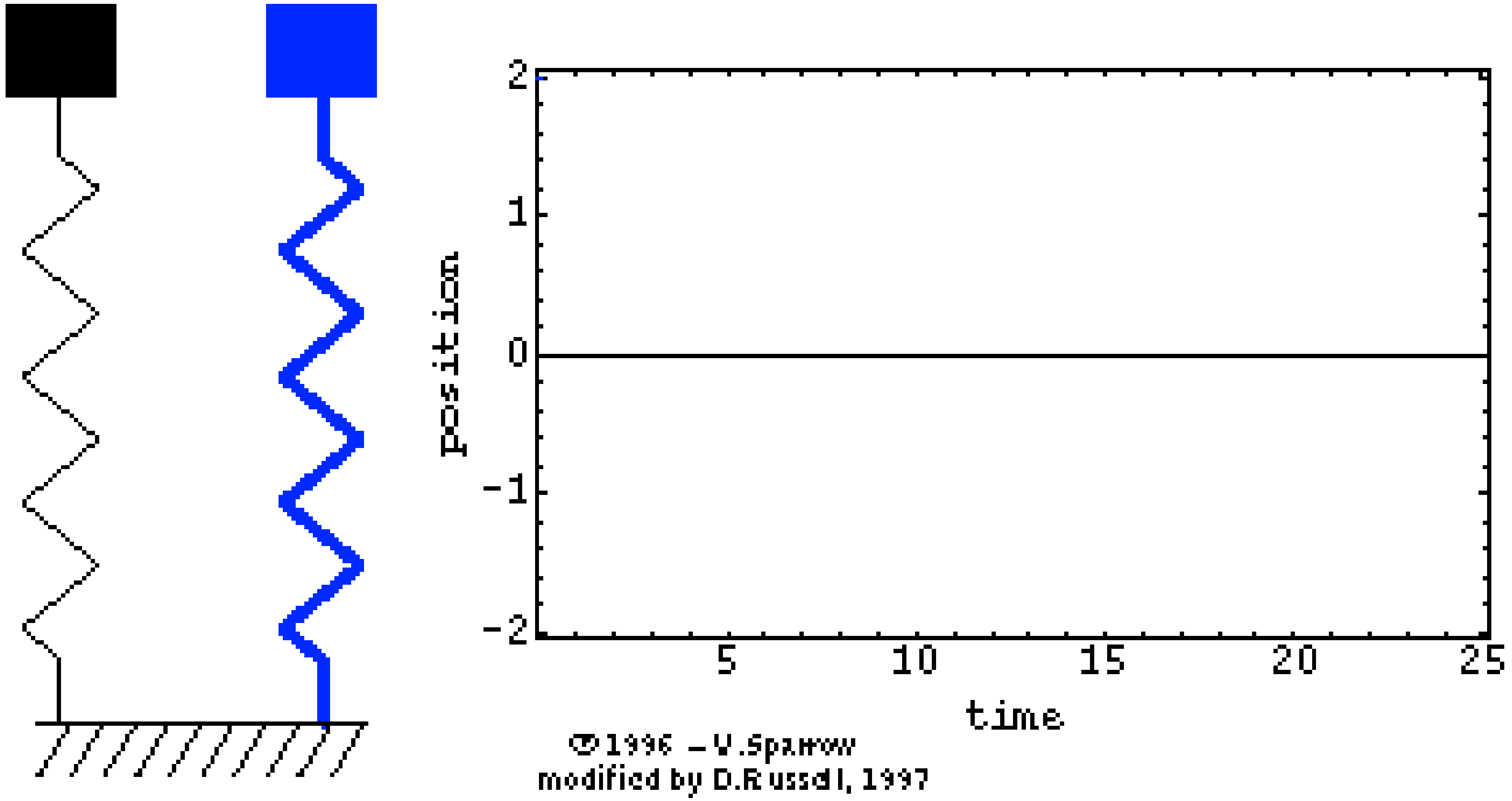
1

DESCOBERTA

NESTA SEÇÃO:

1-1 ***Entenda o Desafio***
1-2 ***Prepare a Pesquisa***
1-3 ***Reúna Inspirações***

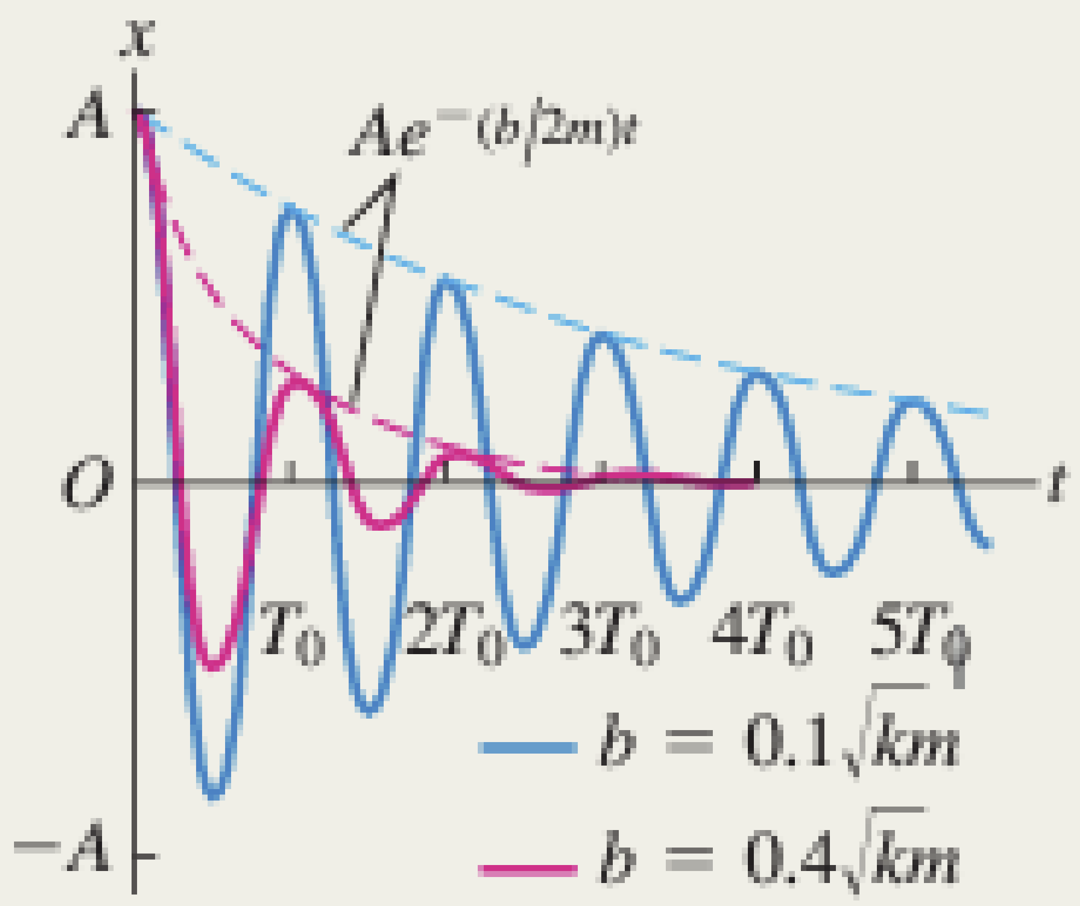
Osciladores



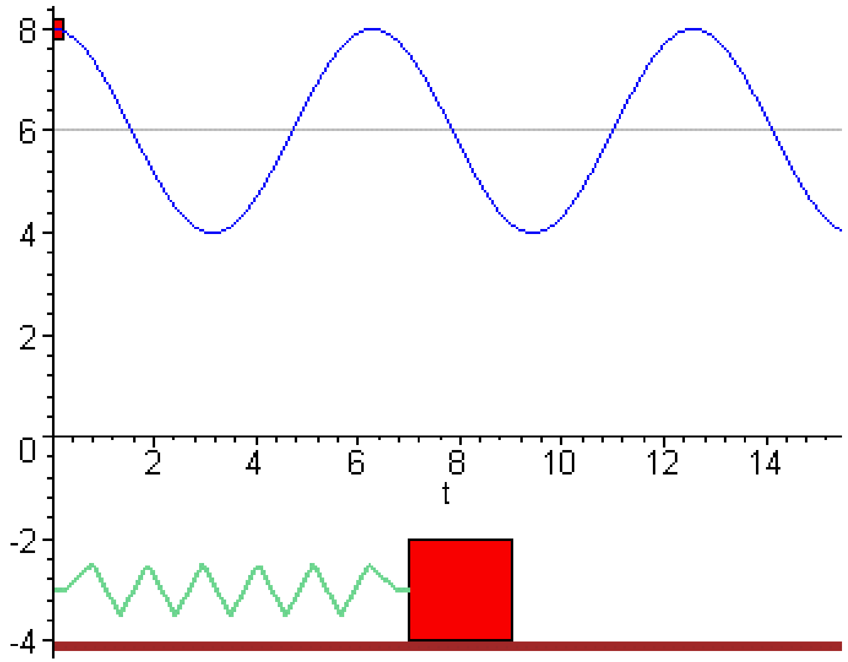
Osciladores

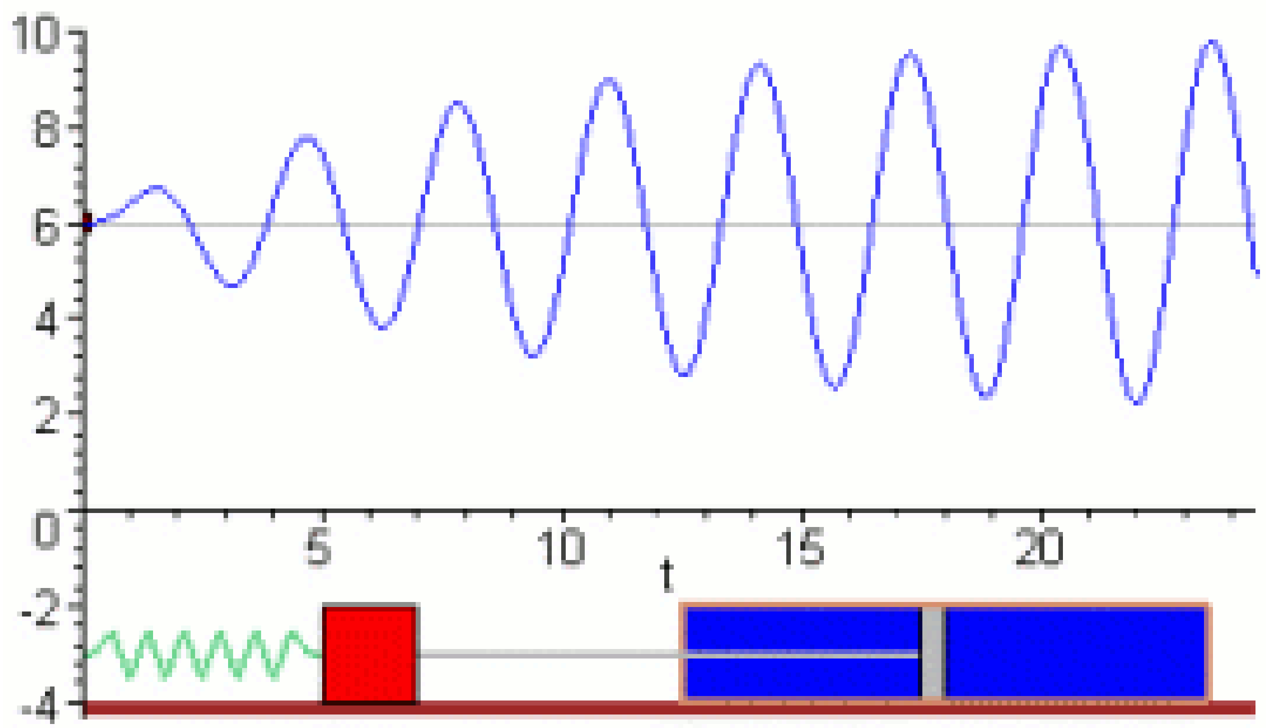
$$x = Ae^{-(b/2m)t}\cos(\omega' t + \phi) \qquad (14.42)$$

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}} \qquad (14.43)$$



Osciladores





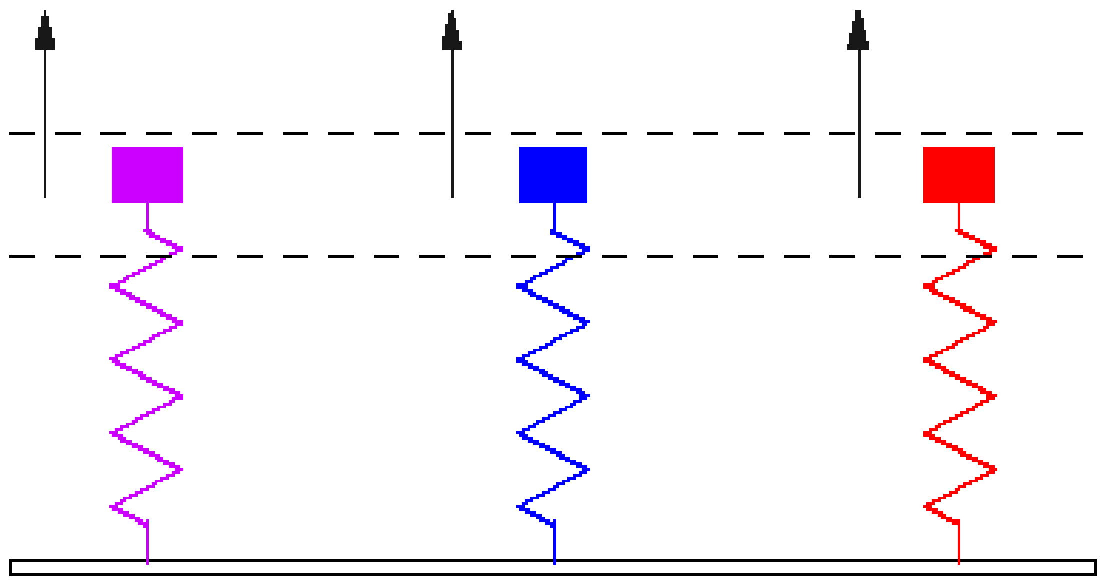
Oscilações

Quando uma força motriz variável ***senoidalmente*** é adicionada a um oscilador harmônico amortecido, o movimento resultante é chamado de ***oscilação forçada***.

A amplitude é função da frequência de acionamento e atinge um pico em uma frequência de acionamento próxima à ***frequência natural*** do sistema.

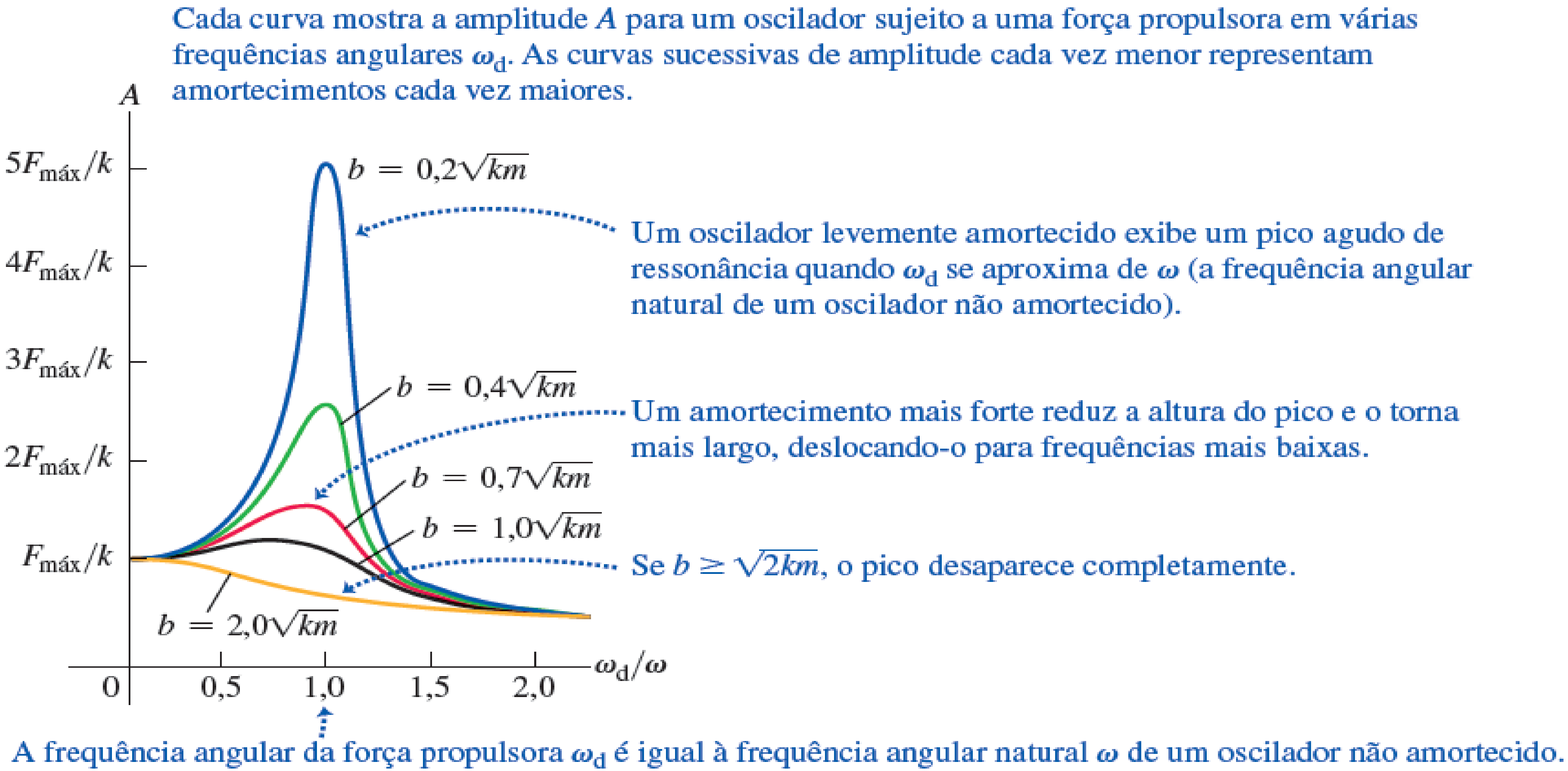
Esse comportamento é chamado de ***ressonância***.

$$A = \frac{F_{max}}{\sqrt{(k - m\omega_d^2)^2 + b^2\omega_d^2}}$$

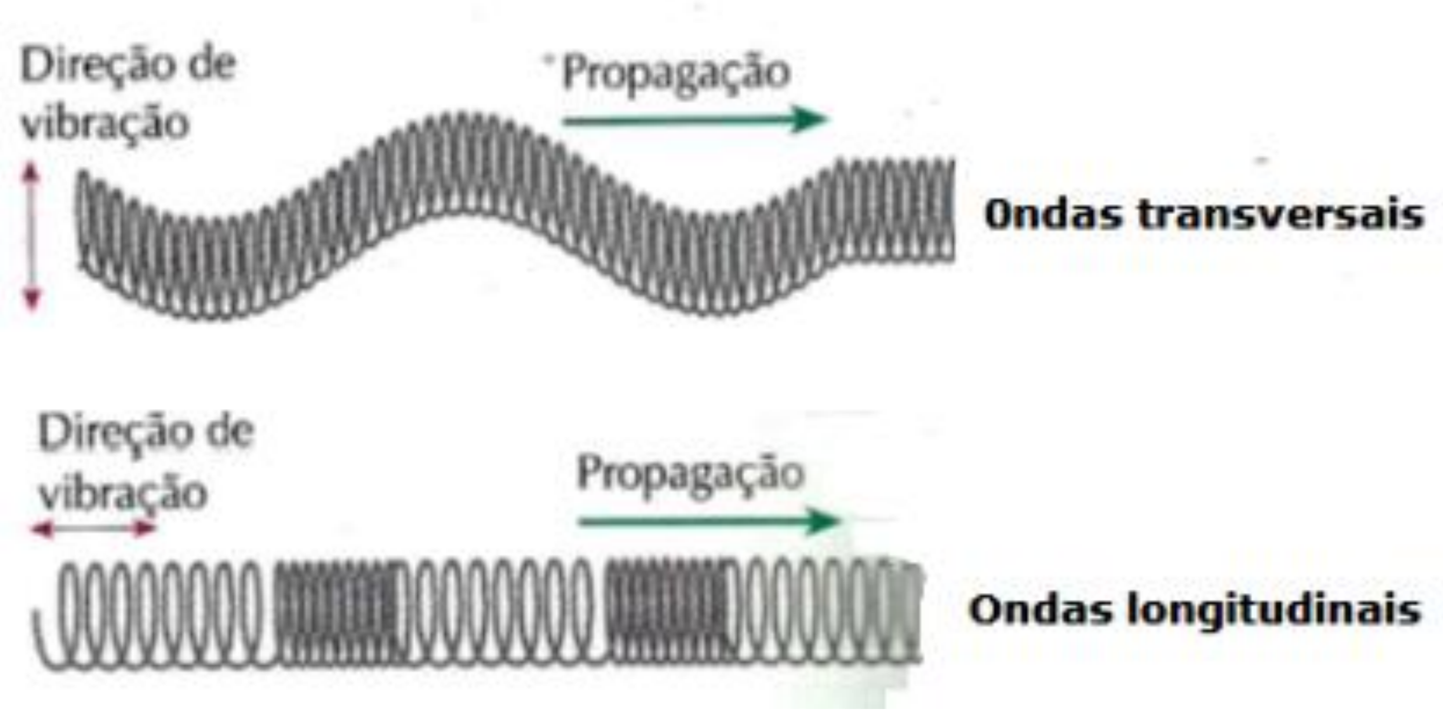


Oscilações forçadas e ressonância

- Gráfico da amplitude A da oscilação forçada em função da frequência angular ϖ_d da força propulsora:



Tipos de ondas



- Nesse experimento, é possível verificar a diferença entre uma onda longitudinal e uma onda transversal.
- Onda longitudinal: direção de vibração é paralela à direção de propagação.
- Onda transversal: direção de vibração é perpendicular à direção de propagação.
-
- Dê exemplos de ondas para cada tipo.

Modos normais

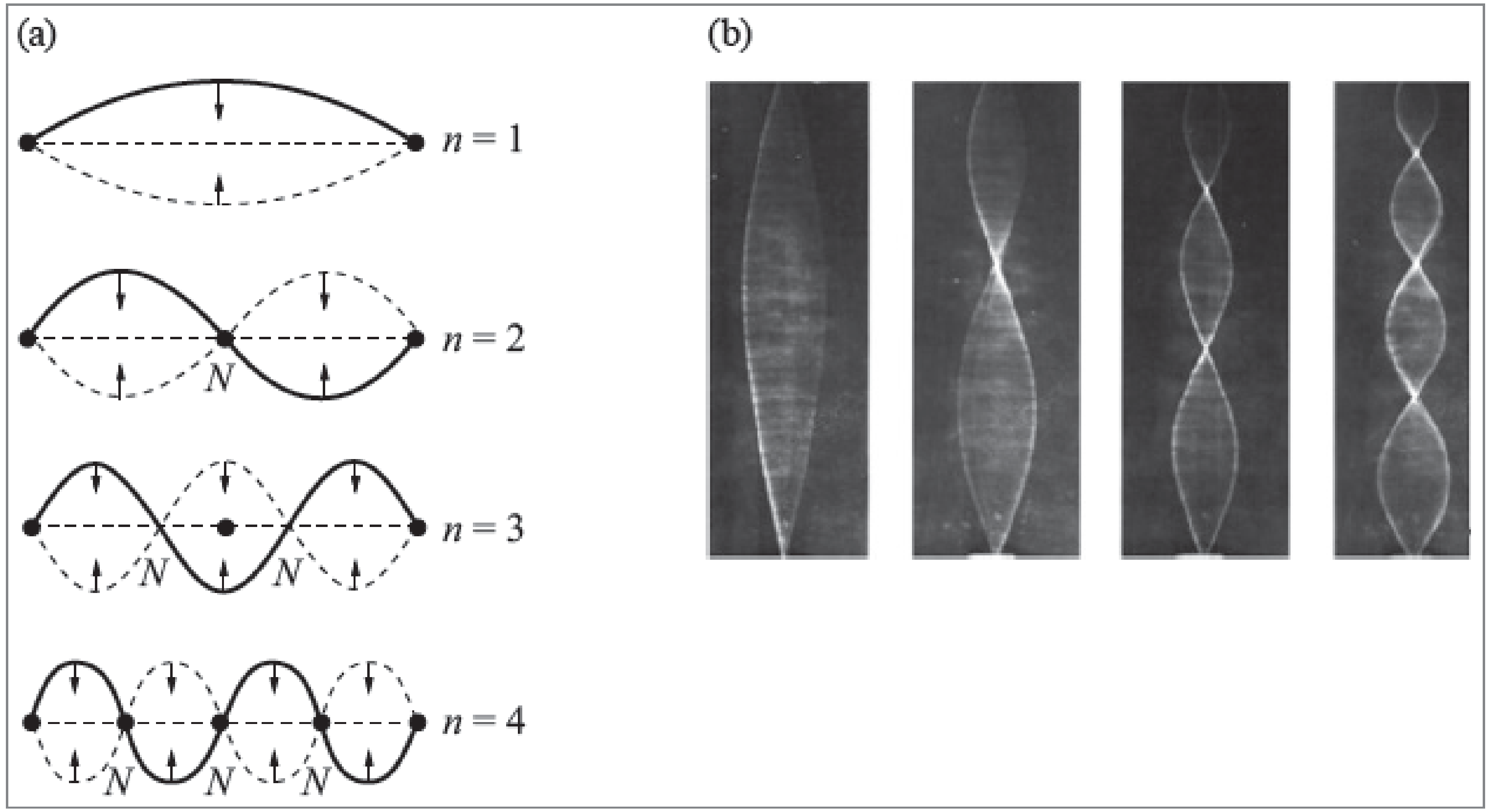
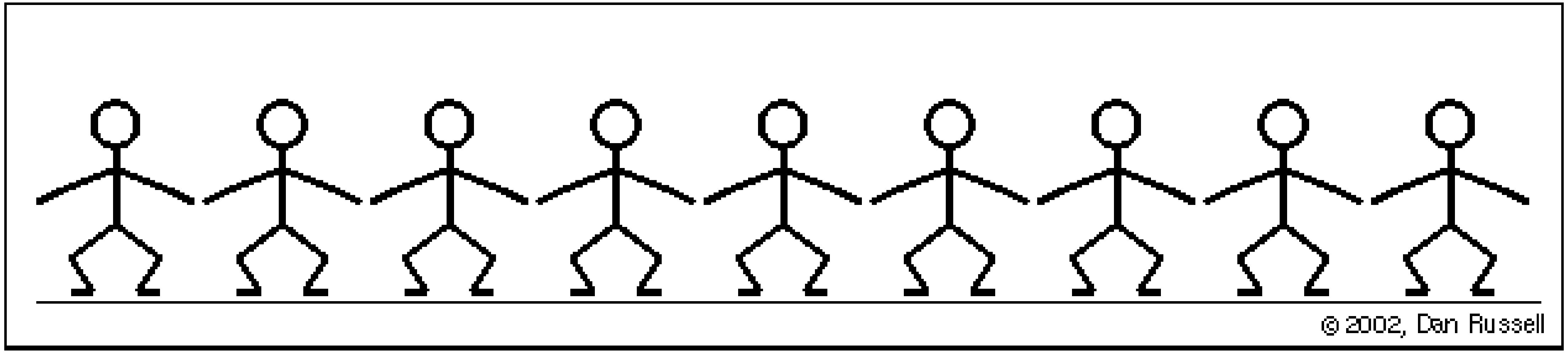


Figura 5.24 (a) Modos normais de vibração; (b) Realização experimental.
Fonte: Reproduzido, com permissão, de: CROWELL, B. Vibrations and waves.

- Modos normais são um assunto importante para campos da física envolvendo ondulatório.
- Tendo uma participação, inclusive, na mecânica quântica.
- Também têm sua importância em sistemas de massa-mola !

Ondas

- O que é uma onda mecânica e seus diferentes tipos.
- Como usar a relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda em uma onda periódica.
- Como interpretar e usar a expressão matemática para uma onda periódica senoidal.
- Como calcular a velocidade da onda em um fio ou em uma corda.



Efeitos ondulatorios – Ponte Tacoma

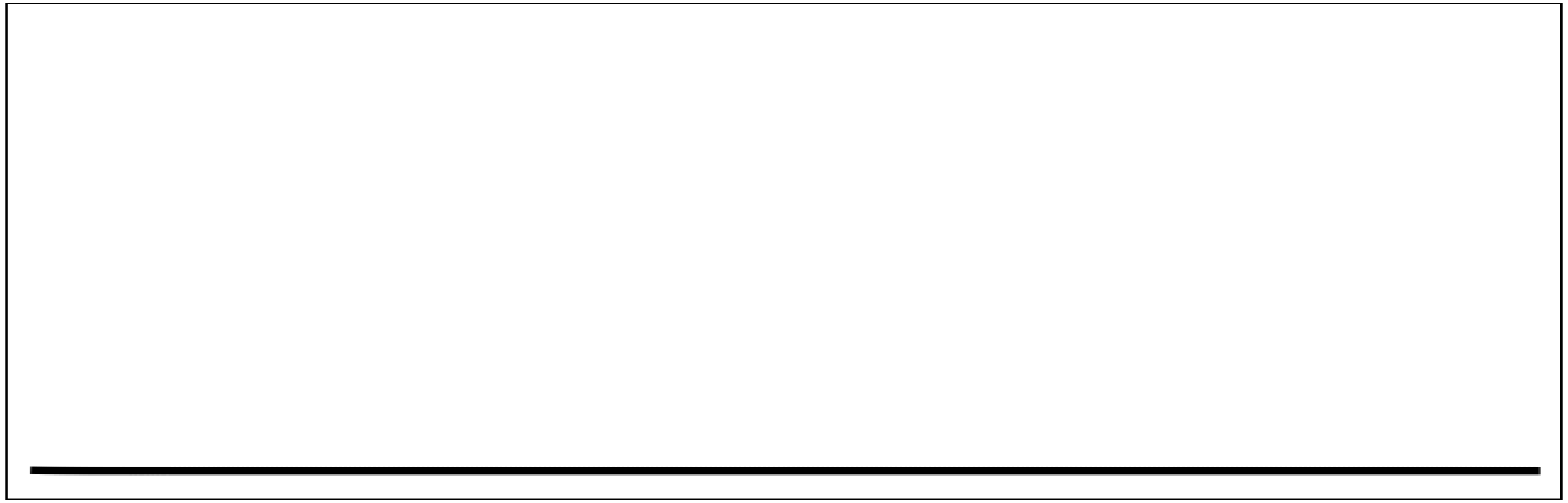
https://youtu.be/3mclp9QmCGs

Oscilações no violino

NOVO COMPILADO 2023 (youtube.com)

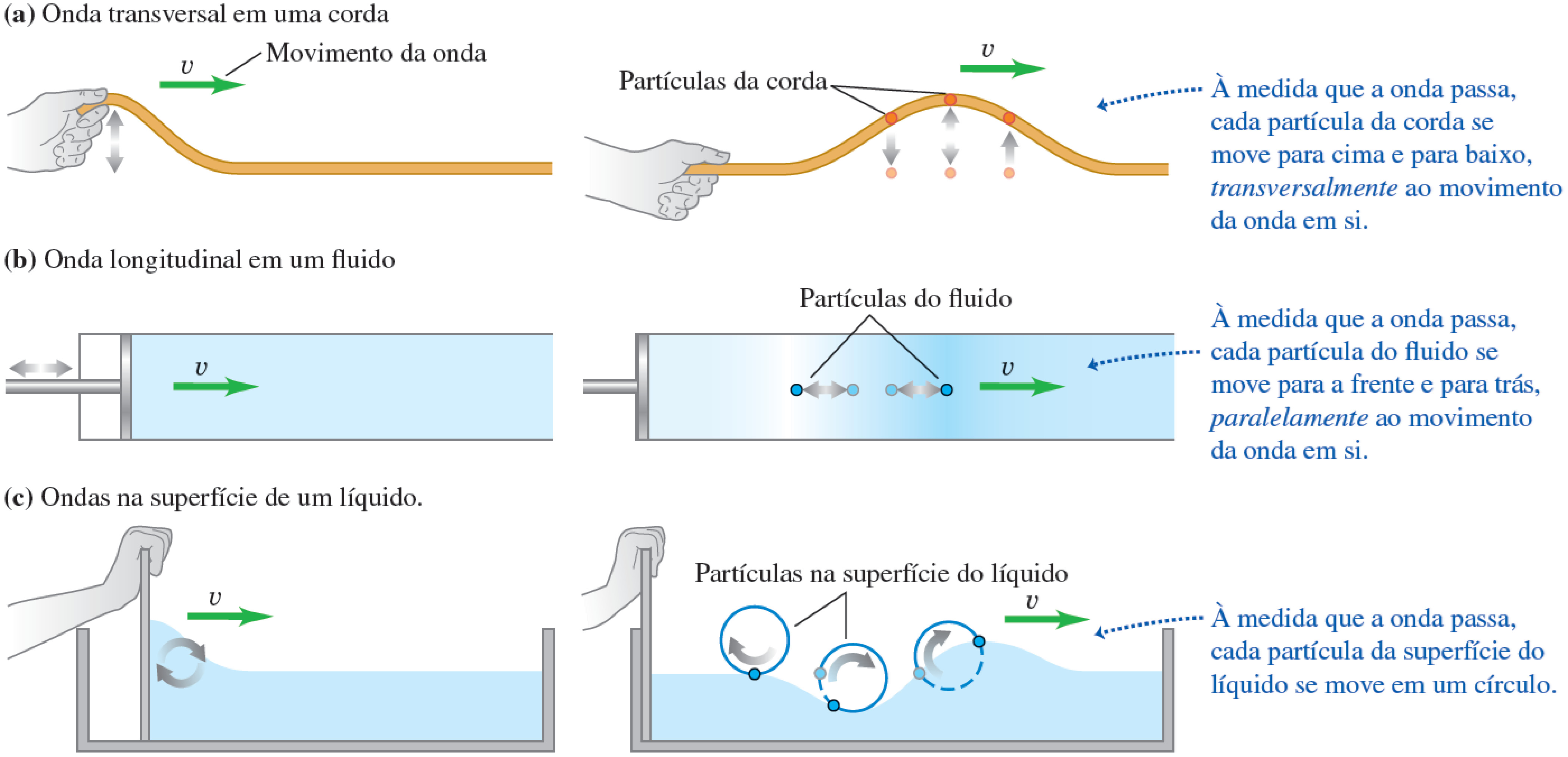
Ondas

- Como calcular a taxa de transferência de energia em uma onda mecânica.
- O que acontece quando há superposição e interferência de ondas mecânicas.
- As propriedades das ondas estacionárias em uma corda e como analisar essas ondas.
- Como instrumentos de corda produzem sons de frequências específicas.

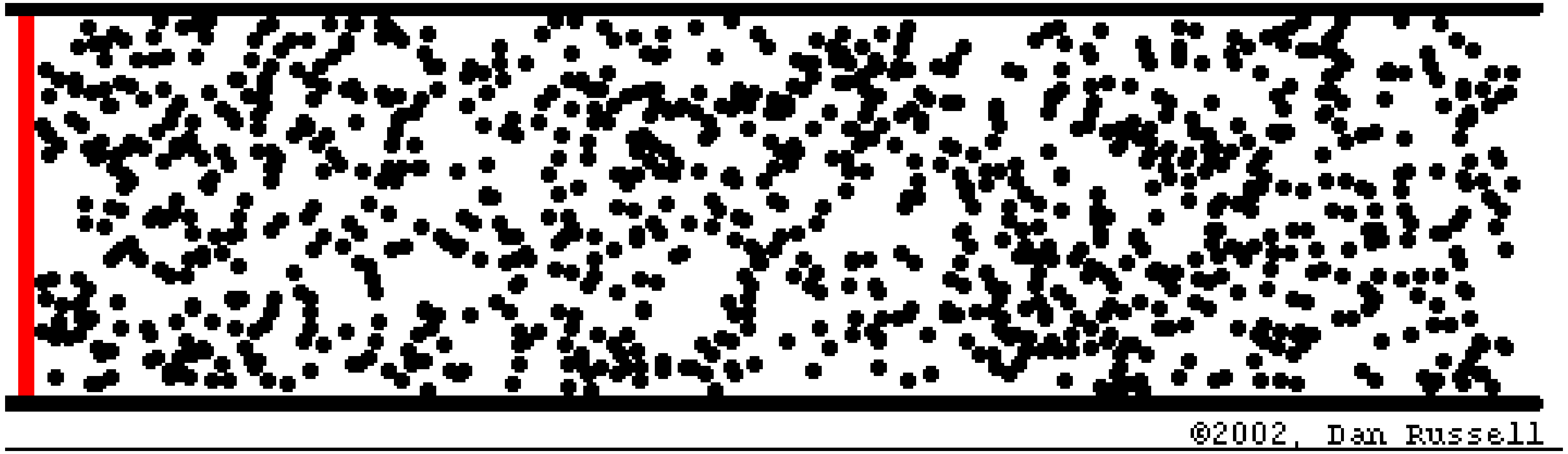


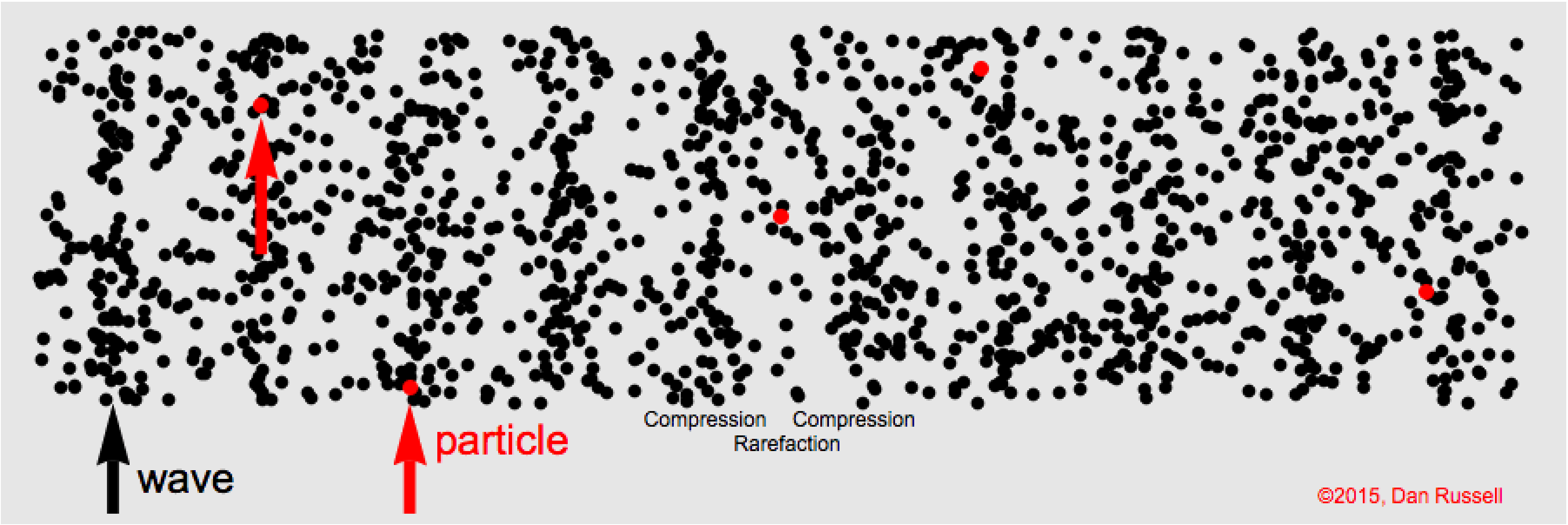
Tipos de ondas mecânicas

- Uma **onda mecânica** é uma perturbação que se desloca através de um material chamado meio, em que a onda se propaga:



Tipos de ondas mecânicas





Ondas transmitem **energia**, mas **não** transportam **matéria** de uma região para outra do meio

Tipos de ondas mecânicas

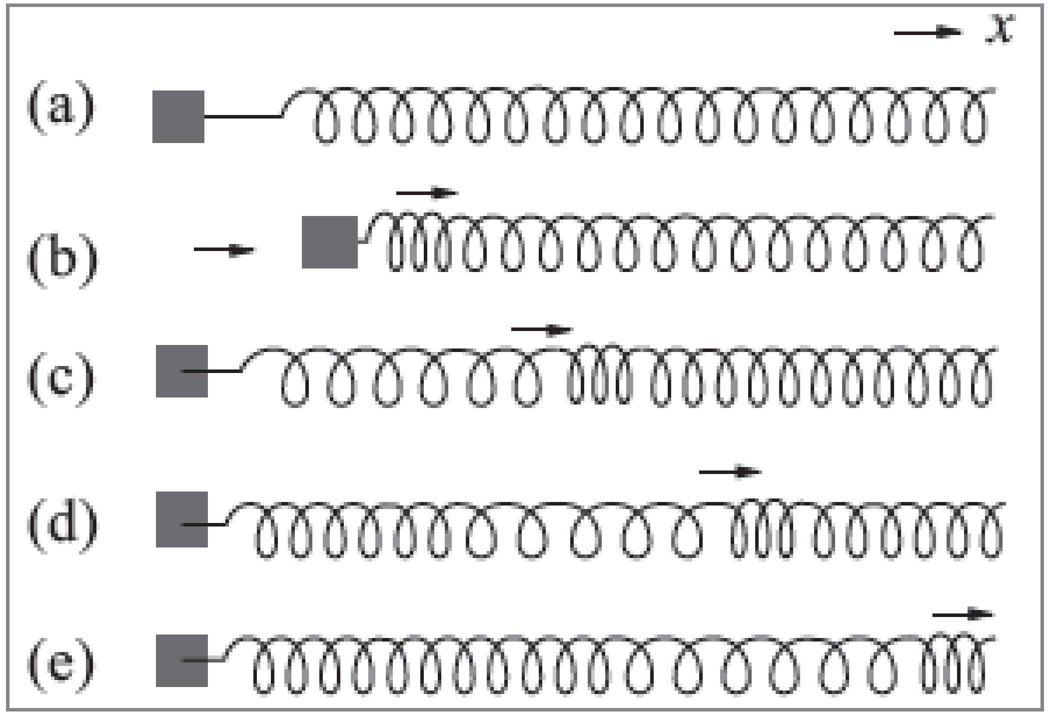


Figura 5.2 Onda longitudinal.

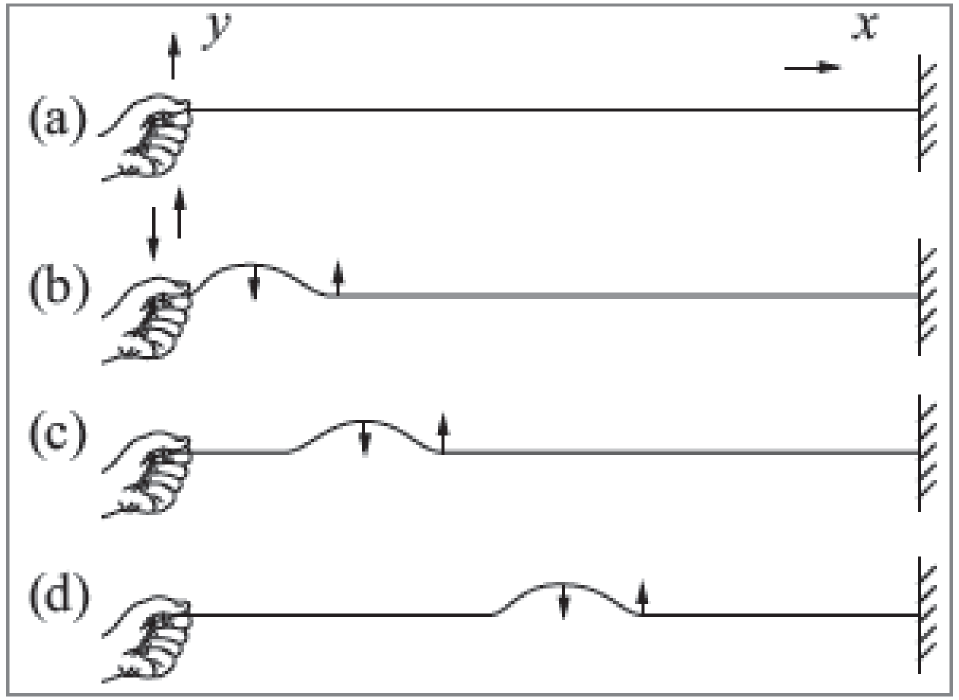


Figura 5.3 Onda transversal.

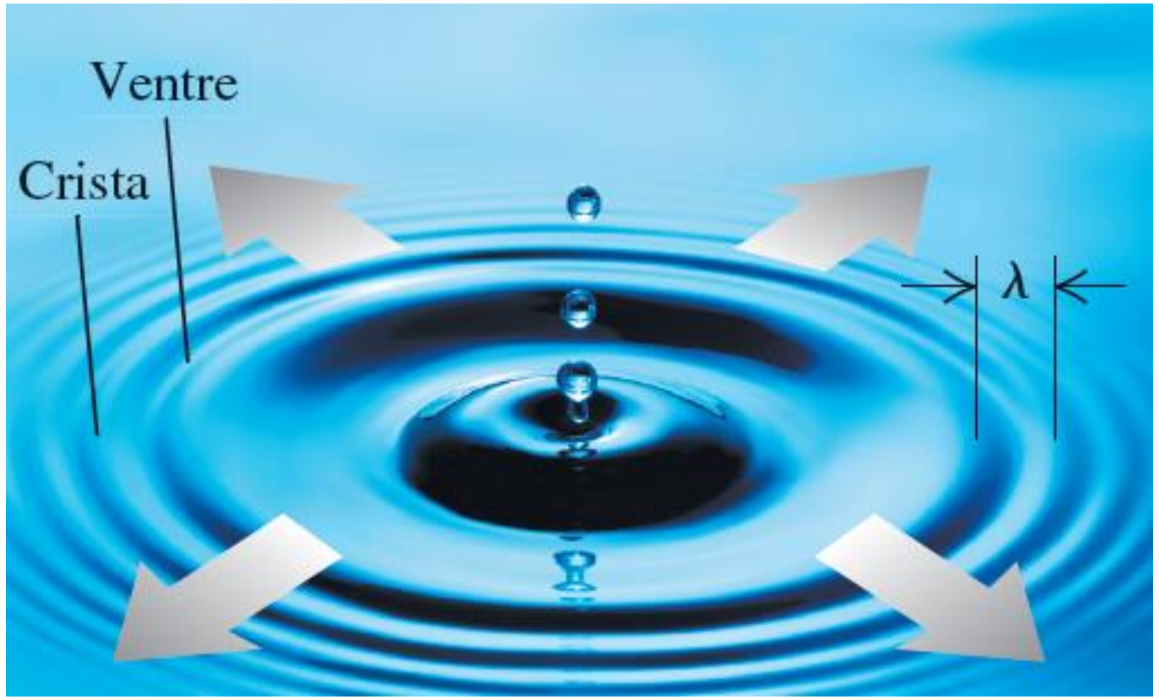
Ondas periódicas

- Uma situação interessante ocorre quando balançamos a extremidade da corda com um movimento **repetitivo** ou **periódico**.
- Nesse caso, cada partícula da corda também executará um movimento periódico à medida que a onda se propaga e o resultado é uma onda periódica.

Velocidade da onda
Comprimento de onda

Para uma **onda periódica:** $$v = \lambda f$$

Frequência



Descrição matemática das ondas

- Resumidamente, y é uma função de x e de t; $\boldsymbol{y = y(x, t)}$.
- Dizemos que $y(x, t)$ é a função de onda que descreve a onda.
- Quando conhecemos essa função para uma dada onda, podemos usá-la para achar o deslocamento (a partir do equilíbrio) de qualquer partícula em qualquer instante.
- A partir desse resultado, podemos calcular a velocidade e a aceleração de qualquer partícula, a forma da corda e qualquer outro tipo de informação que desejarmos saber sobre o comportamento da corda em qualquer instante.

Descrição matemática das ondas

Função de onda para uma **onda senoidal movendo-se no sentido** $+x$

Amplitude — Posição — Tempo

$$y(x, t) = A\cos\left[\omega\left(\frac{x}{v} - t\right)\right]$$

Frequência angular $= 2\pi f$ — Velocidade da onda

Função de onda para uma **onda senoidal movendo-se no sentido** $+x$

Amplitude — Posição — Tempo

$$y(x, t) = A\cos\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

Comprimento de onda — Período

Função de onda para uma **onda senoidal movendo-se no sentido** $+x$

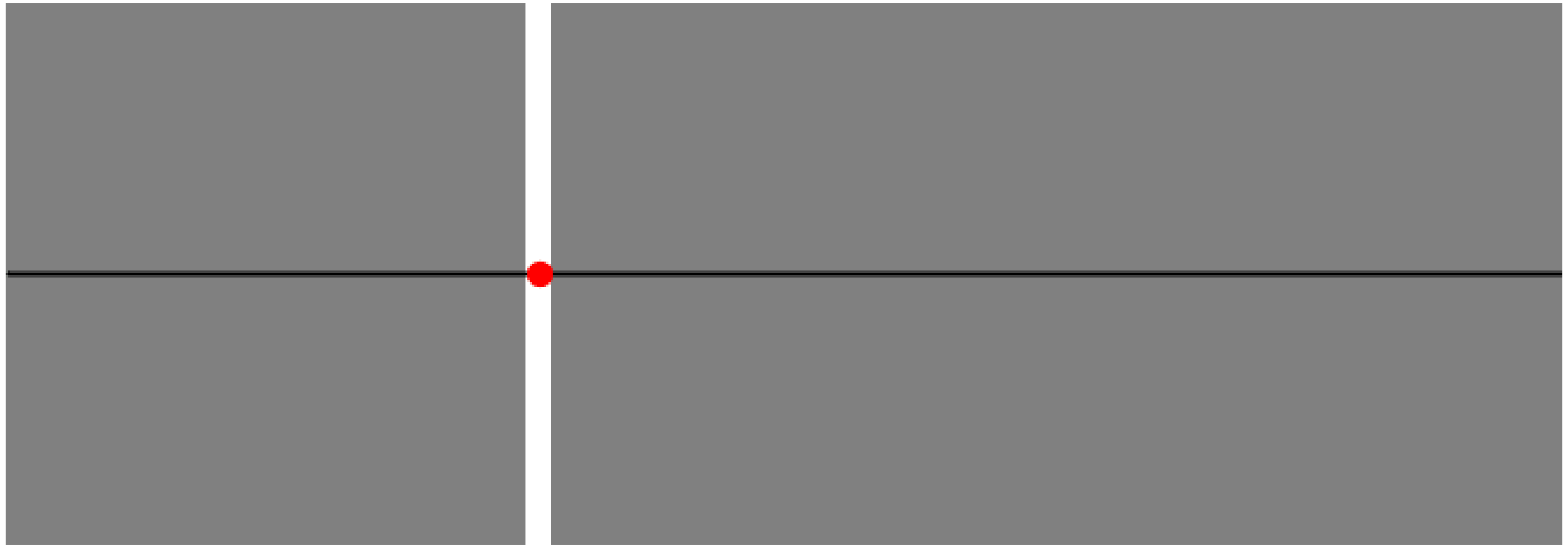
Amplitude — Posição — Tempo

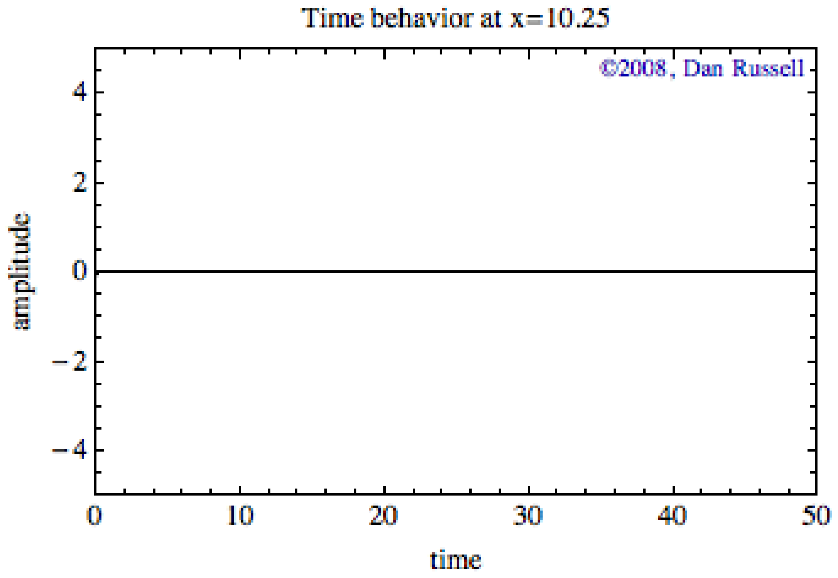
$$y(x, t) = A\cos(kx - \omega t)$$

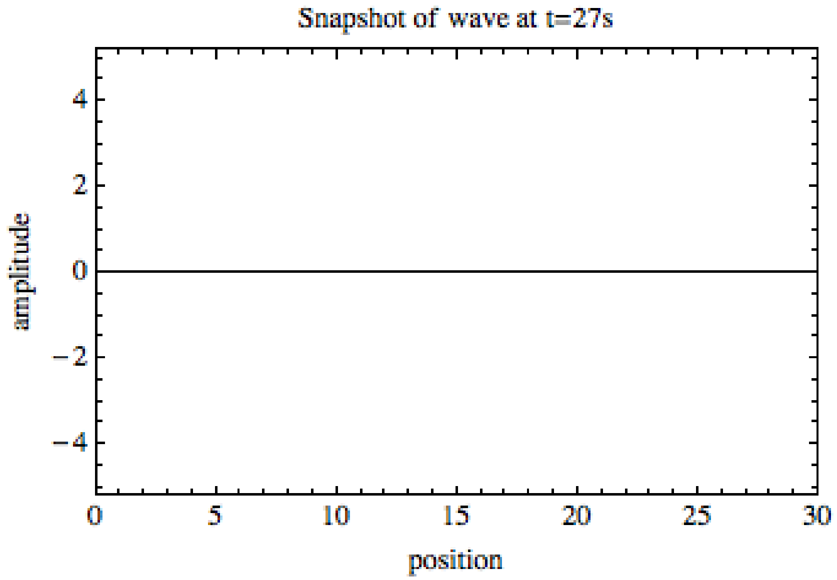
Número de onda $= 2\pi/\lambda$ — Frequência angular $= 2\pi f$

Ondas periódicas

$$\psi(x,t) = A\sin(\omega t \pm kx)$$







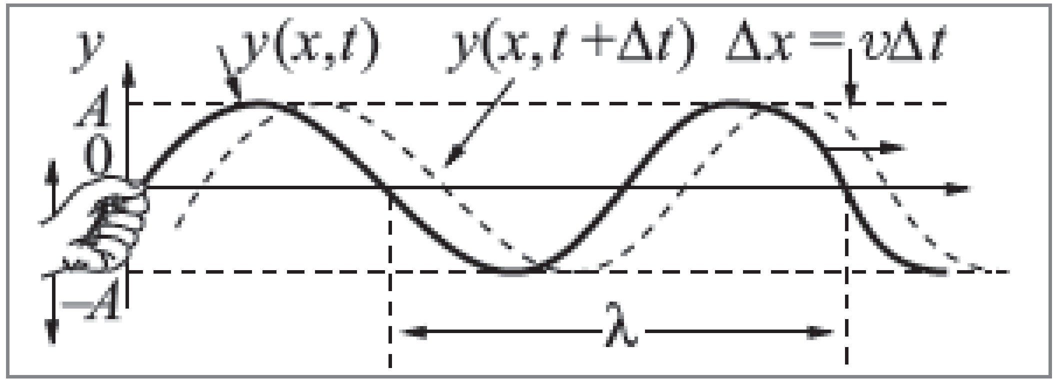
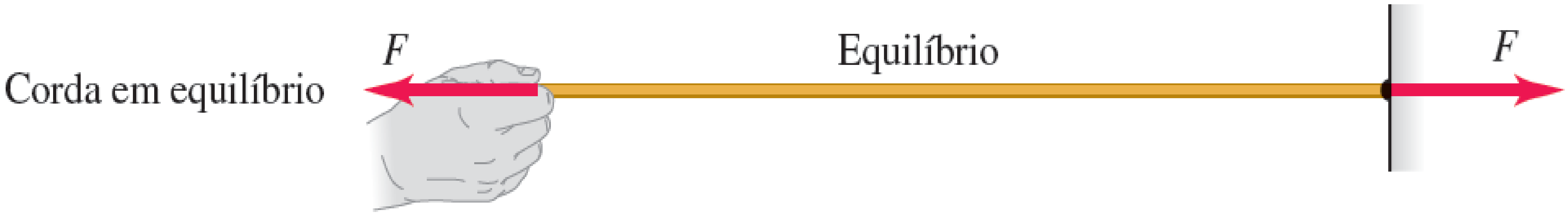


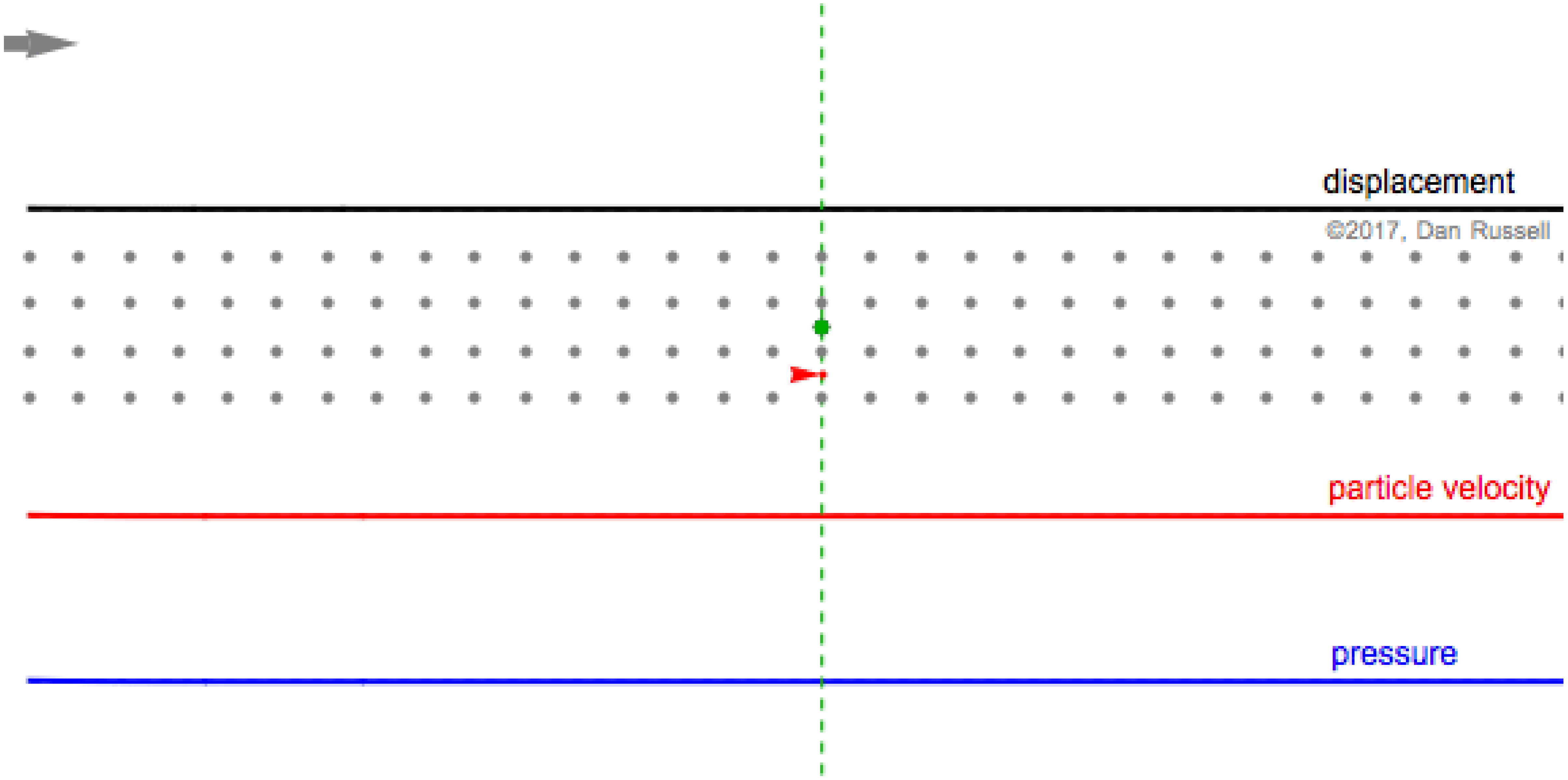
Figura 5.7 Onda harmônica.

Velocidade de uma onda transversal

- Uma das principais propriedades de qualquer onda é sua **velocidade de propagação**.
- As grandezas físicas que determinam a velocidade de uma onda transversal em uma corda são a tensão na corda e sua massa por unidade de comprimento.
- Propagação de uma onda transversal em uma corda:

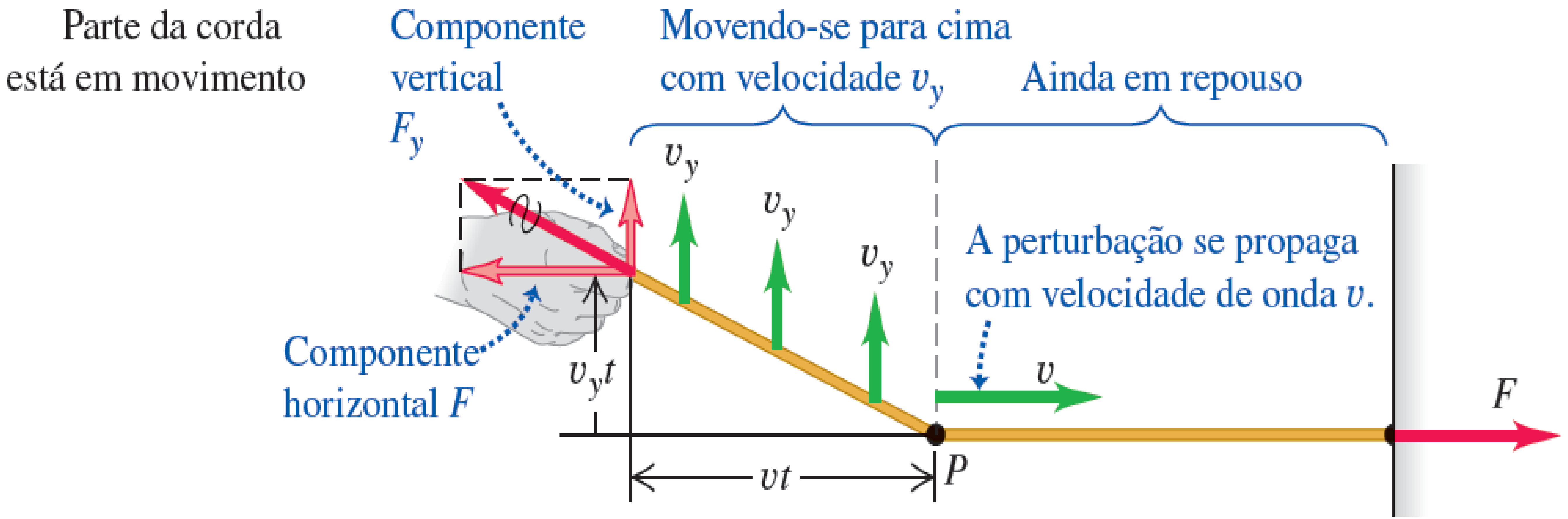


Propagação da onda


displacement
©2017, Dan Russell
particle velocity
pressure

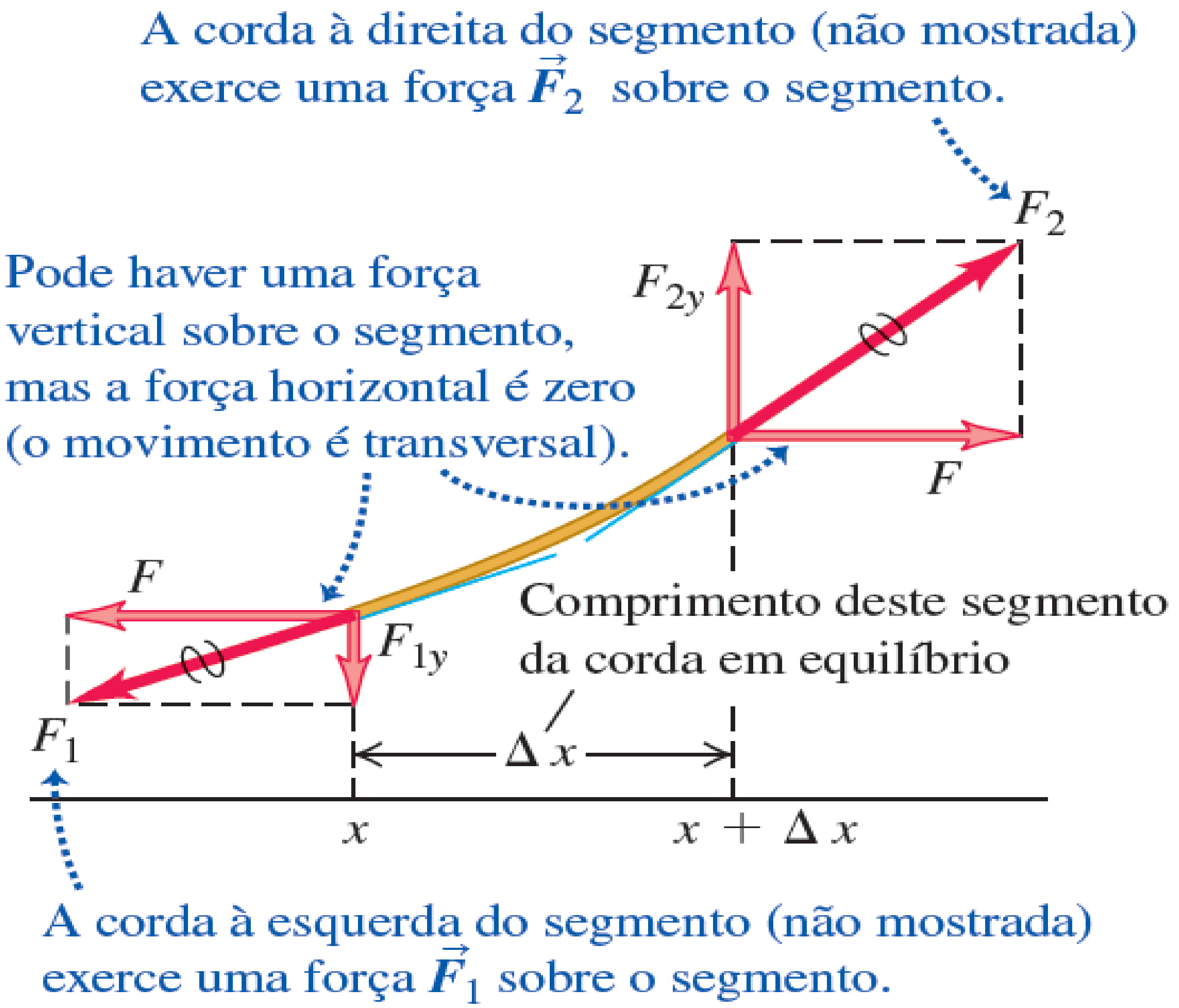
Velocidade de uma onda transversal

- Propagação de uma onda transversal em uma corda:



Velocidade de uma onda transversal

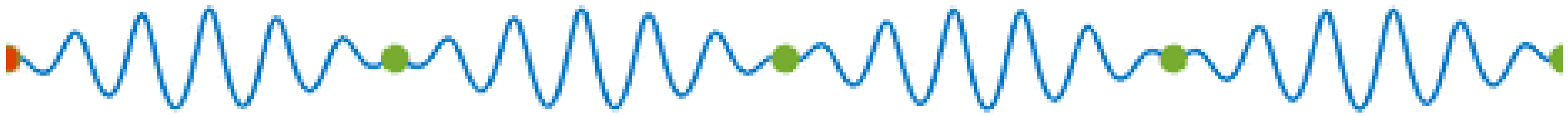
- Diagrama do corpo livre para um segmento de corda.
- A força em cada extremidade da corda é tangente a ela no ponto onde a força é aplicada:



Velocidade de uma onda transversal

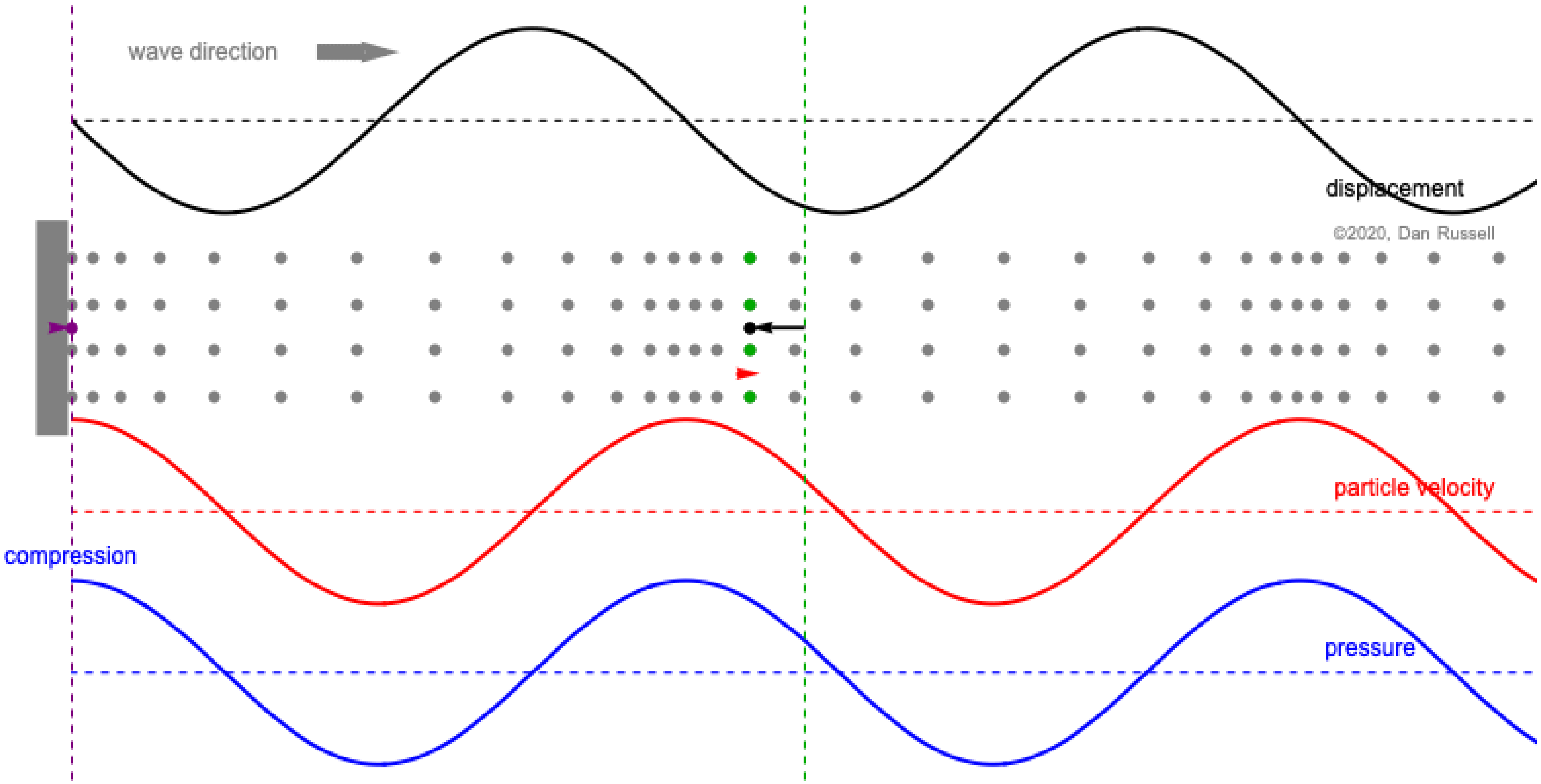
- É interessante que, para muitos tipos de ondas mecânicas, inclusive ondas em uma corda, a expressão para a velocidade de onda possui a mesma forma geral:

$$v = \sqrt{\frac{\text{Força restauradora devolvendo o sistema ao equilíbrio}}{\text{Inércia resistindo à volta ao equilíbrio}}}$$

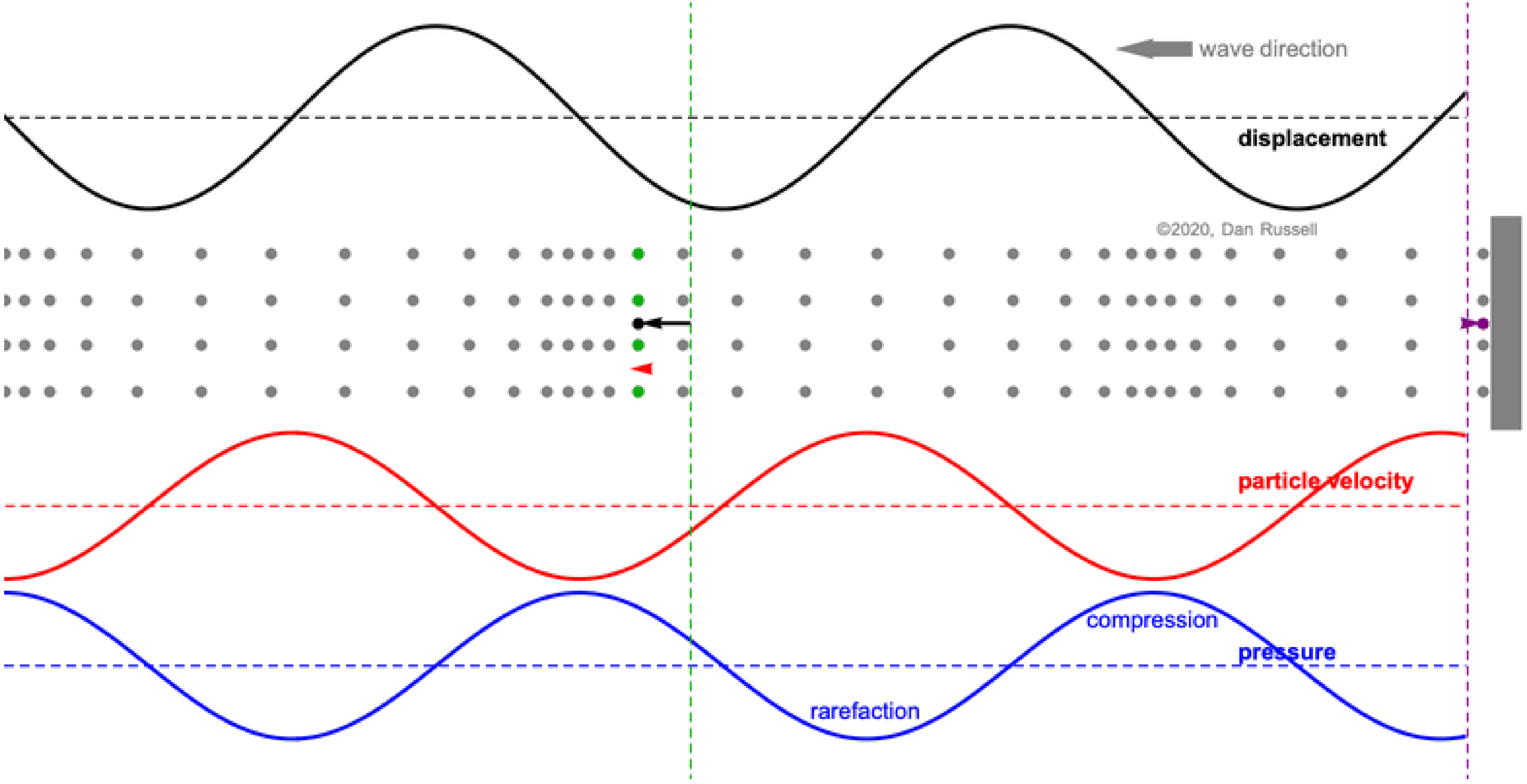


Grupo
Fase

Velocidade

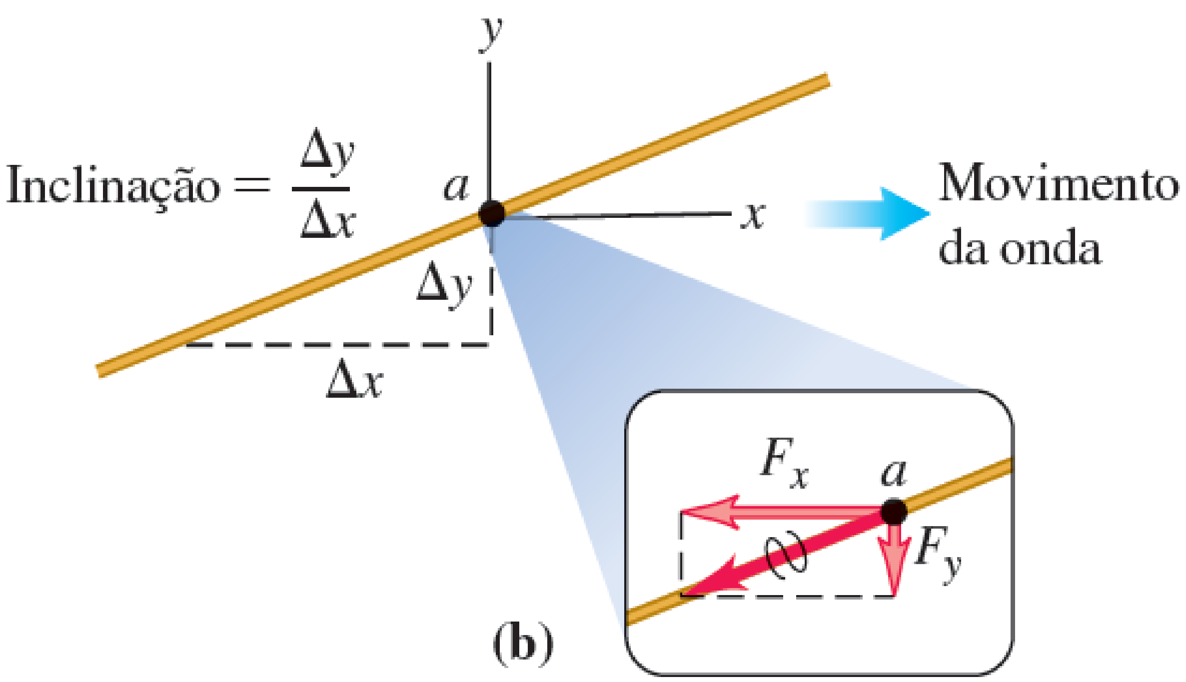

wave direction
displacement
©2020, Dan Russell
particle velocity
compression
pressure

Velocidade


wave direction
displacement
©2020, Dan Russell
particle velocity
compression
pressure
rarefaction

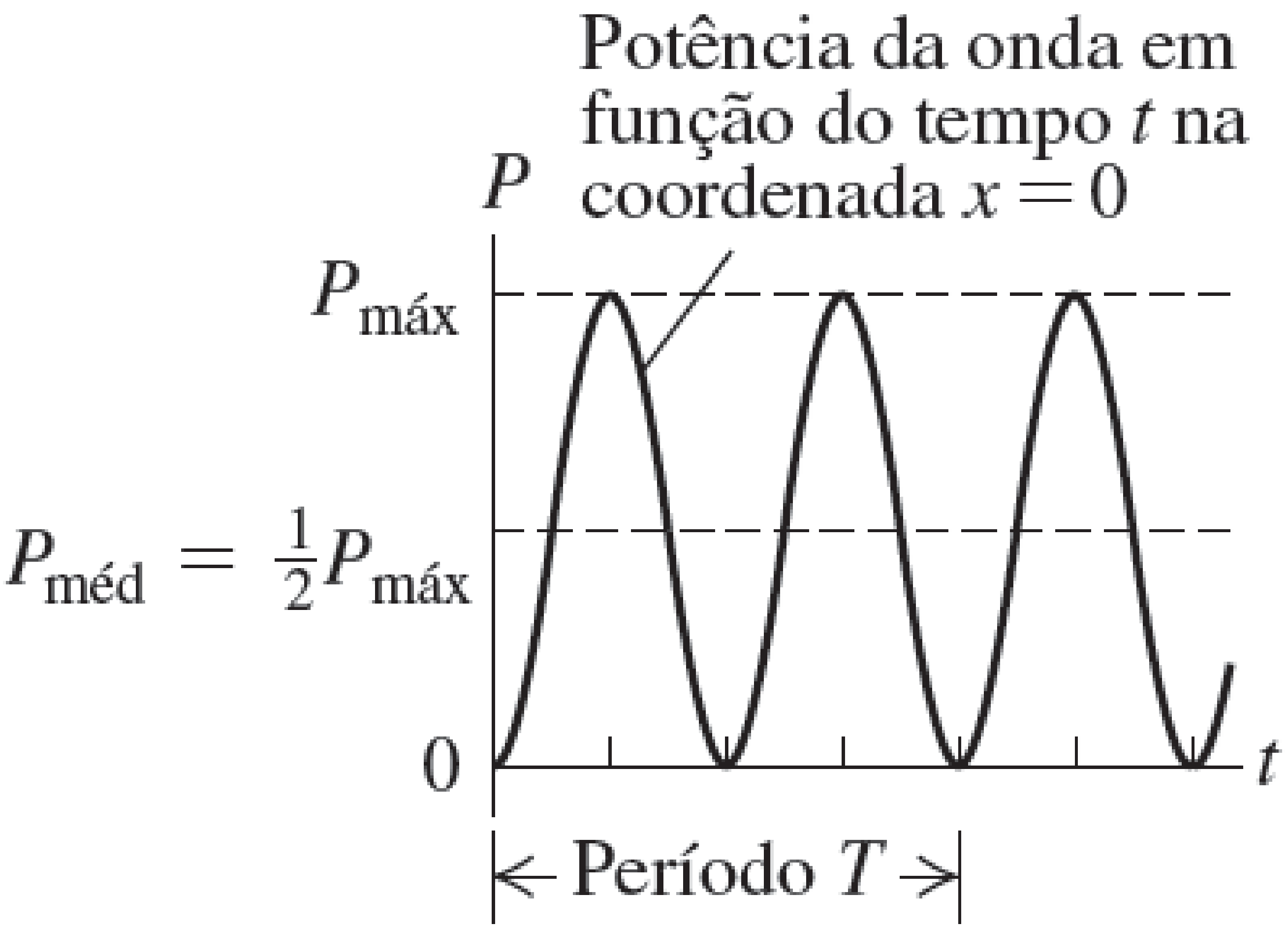
Energia no movimento ondulatório

- Todo **movimento ondulatório** possui uma **energia** associada a ele.
- São exemplos a energia que recebemos da luz solar e os efeitos destrutivos dos terremotos e das grandes ondas de uma ressaca.
- Como a energia é transferida de uma parte da corda para outra?



Energia no movimento ondulatório

- A potência nunca é negativa, o que significa que a energia nunca flui no sentido contrário à propagação da onda:



Frequência angular da onda

Potência média, onda senoidal em uma corda

$$P_{méd} = \frac{1}{2}\sqrt{\mu F}\,\omega^2 A^2$$

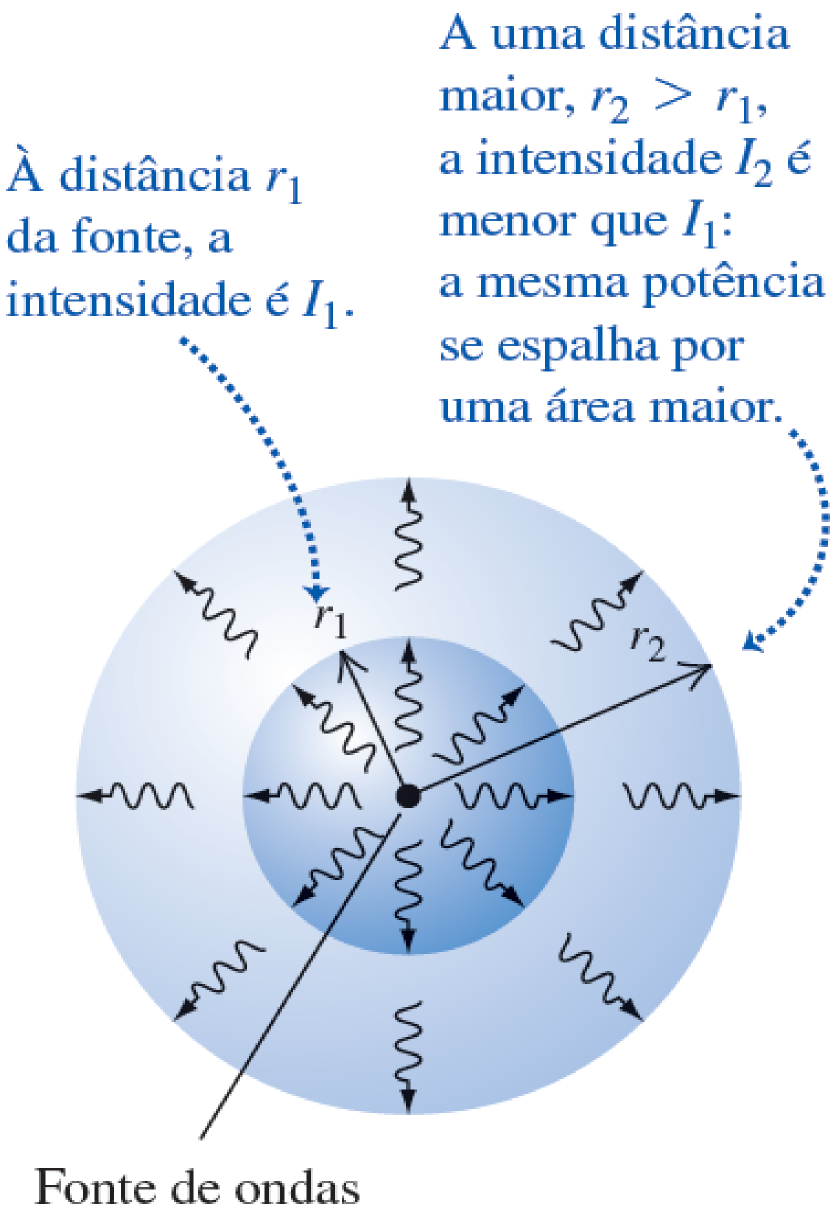
Amplitude da onda

Densidade linear

Tensão na corda

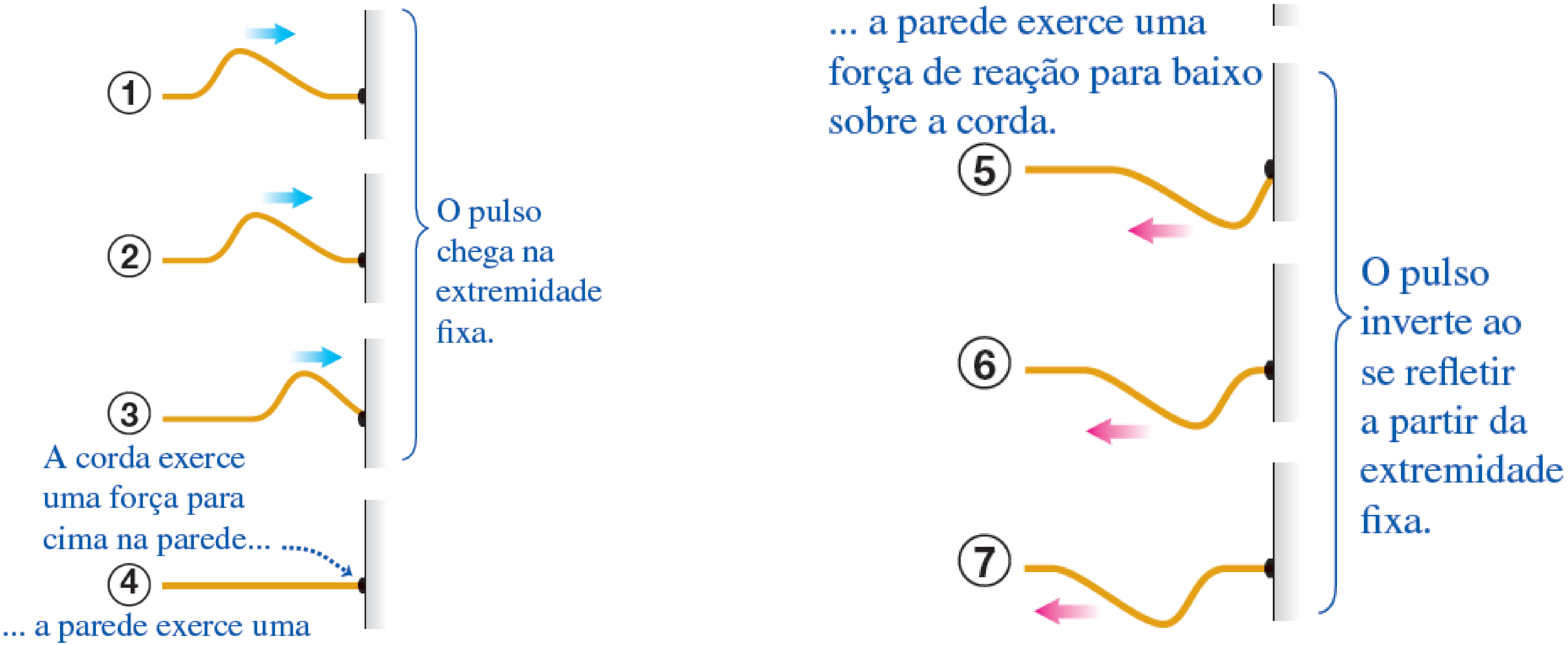
Energia no movimento ondulatório

- Definimos a intensidade da onda (simbolizada pela letra I) como a taxa média de tempo em que a energia é transportada pela onda, por unidade de área, sobre uma superfície perpendicular à direção de propagação.
- Quanto maior a distância de uma fonte de ondas, maior a área sobre a qual a potência da onda é distribuída e menor a intensidade da onda.



Interferência de ondas

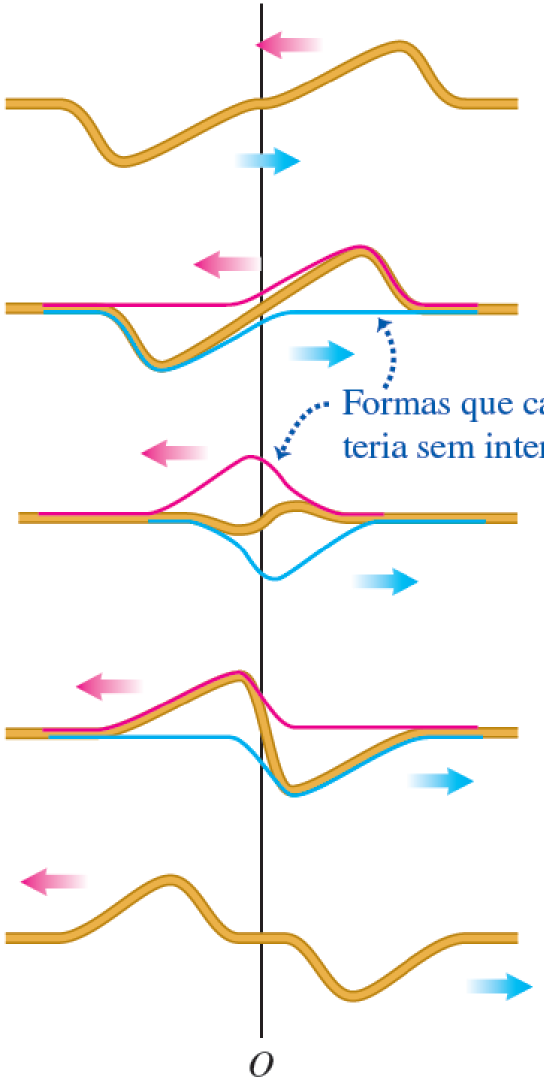
- Há interferência quando duas ou mais ondas passam pela mesma região ao mesmo tempo.



Condições de contorno de uma corda

- As condições na extremidade da corda, como um suporte rígido ou a ausência completa da força transversal, denominam-se ***condições de contorno*** (ou de limite).

À medida que os pulsos se superpõem, o deslocamento da corda em qualquer ponto é a soma algébrica do deslocamento decorrente dos pulsos individuais.



Princípio da superposição

- A combinação de dois pulsos separados em um mesmo ponto para obter um deslocamento resultante é um exemplo do **princípio da superposição**:
- Quando duas ondas se superpõem, o deslocamento resultante em qualquer ponto da corda em qualquer instante é obtido somando-se os deslocamentos individuais que cada ponto deveria ter caso o outro deslocamento não existisse.

Funções de onda de duas ondas superpostas

Princípio da superposição:

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t)$$

Função de onda da onda combinada = soma das funções de onda individuais

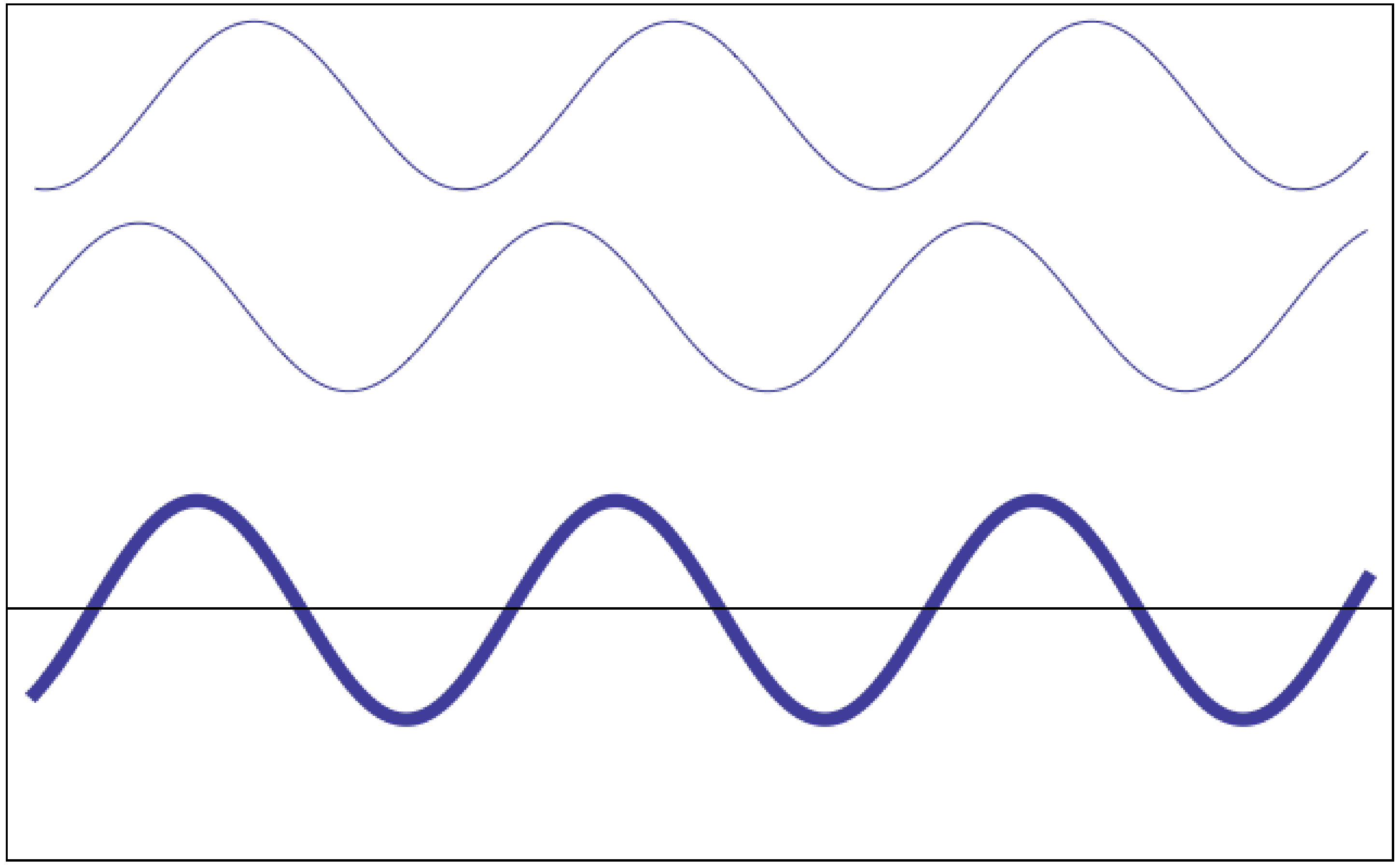
Interferência de Ondas - Superposição de dois pulsos de onda de direção oposta

Interferência de Ondas - Interferência Construtiva e Destrutiva

$$y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t) + y_m \sin(kx - \omega t + \phi) = 2y_m \cos(\phi/2) \sin(kx - \omega t + \phi/2)$$

in-phase $(\phi = 0)$

opposite-phase $(\phi = 180^o)$



Interferência de Ondas -Duas ondas senoidais viajando em direções opostas criam uma onda estacionária

$$y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t) + y_m \sin(kx + \omega t) = 2y_m \cos(\omega t) \sin(kx)$$

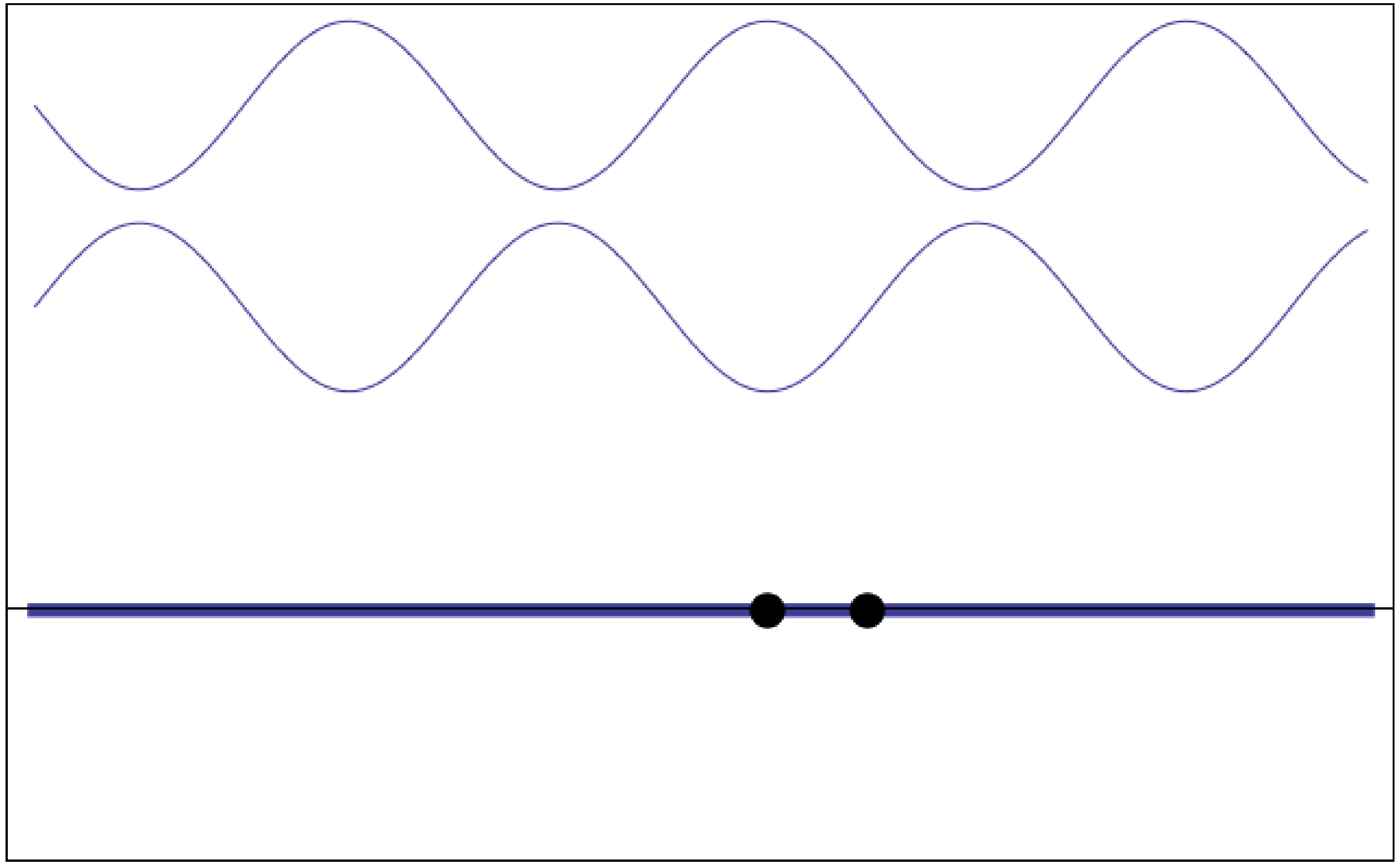
A amplitude da onda em função da posição é
.

$$2y_m \sin(kx)$$

Esta amplitude não viaja, mas fica parada e oscila para cima e para baixo de acordo com

$$\cos(\omega t)$$

Característica das ondas estacionárias são locais com deslocamento máximo (**antinós**) e locais com deslocamento zero (**nós**).

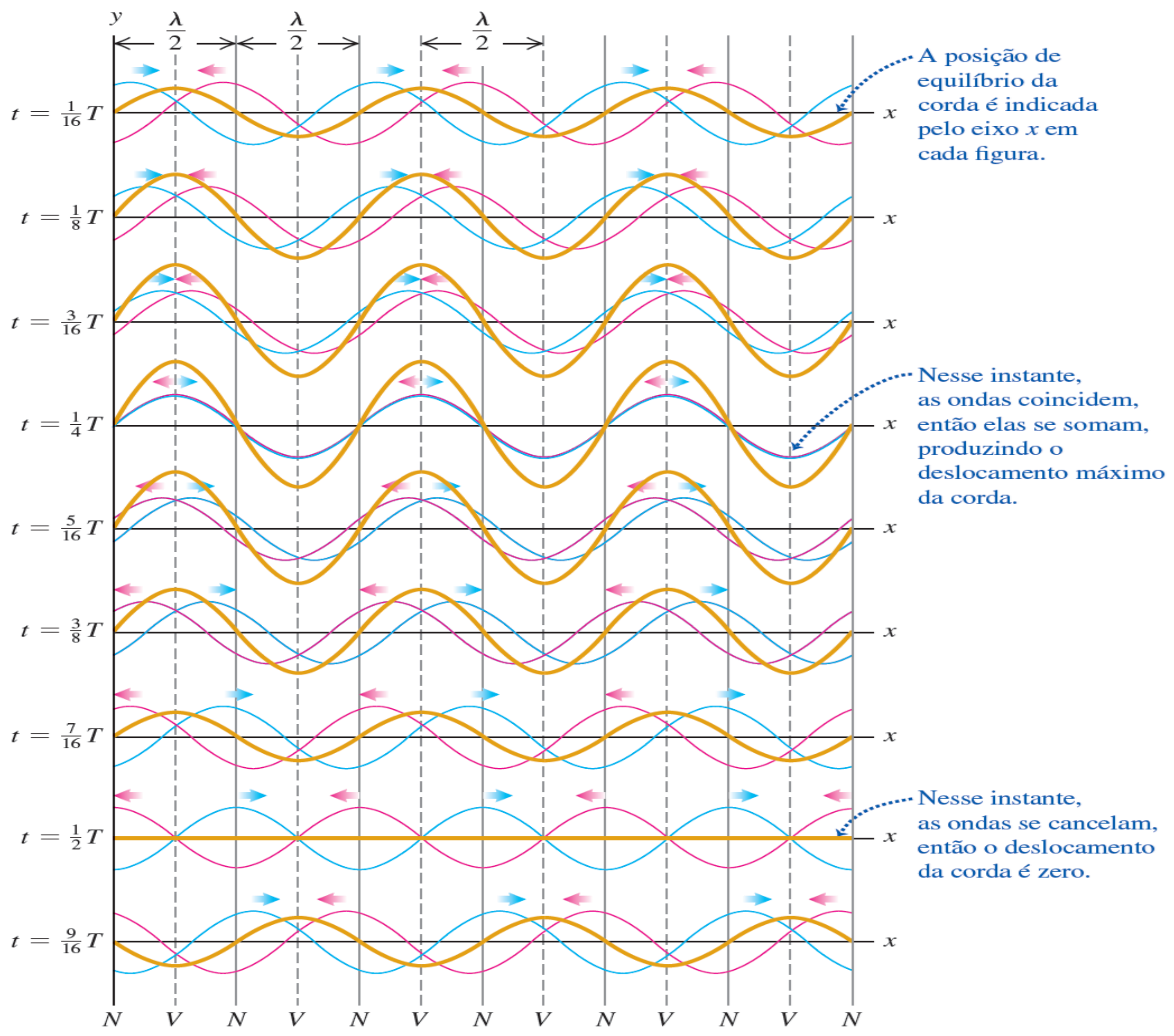


Dispersão

[Dispersion Examples: Normal Dispersion (falstad.com)]

Ondas sonoras estacionárias em uma corda

- Formação de uma onda estacionária:



Sumário – 22/04/2024

- Ondas

Devolutiva:

- Como foi a aula hoje ? (Moodle)

https://forms.gle/dW6LaxgKMA8tRuwbA