

Física Pai d'égua

Belém. Ano 3, nº 09. R\$ 2,90.

Ondulatória e Acústica

Pss 2 e Prise 2

Conceitos

Velocidade da Onda

Reflexão e Refração

Difração

Ondas Estacionárias

Velocidade do Som

Qualidades Fisiológicas do Som

Cordas Vibrantes

Efeito Doppler



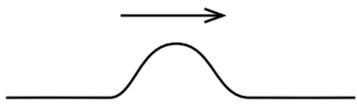
112 questões

Ondulatória

Definições

Pulso

É uma perturbação que se propaga em um meio.



Onda

Uma onda é formada por um conjunto de pulsos.



Uma onda transporta energia sem transportar matéria.

Classificação das ondas

1. Quanto à natureza

a) Mecânicas: As ondas mecânicas necessitam de um meio material para sua propagação.

Ex.: O som, as ondas na superfície de um lago, as ondas que se formam em cordas.

b) Eletromagnéticas

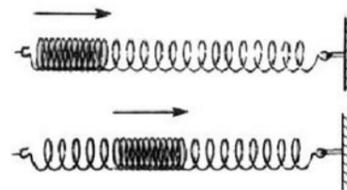
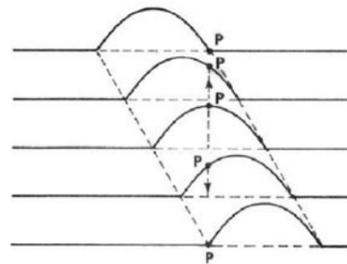
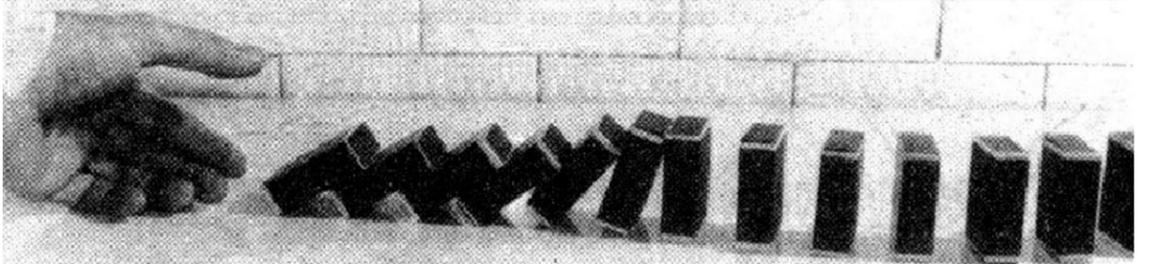
Não necessitam de um meio material para sua propagação.

Ex.: A luz, raios X, radiações ultravioleta e infravermelho, raios gama.

2. Quanto ao tipo

a) Transversais: Em uma onda transversal a direção de propagação é perpendicular a direção de vibração.

b) Longitudinais: Em uma onda longitudinal a direção de vibração é igual a direção de propagação.



Ondas Periódicas

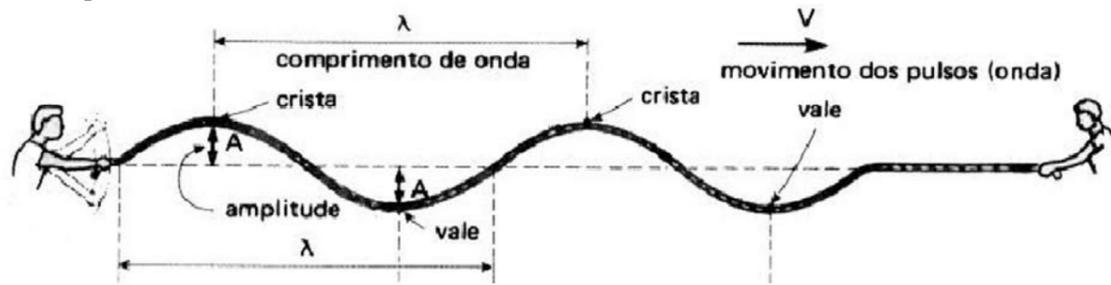
São formadas por pulsos emitidos por um intervalo de tempo regular.

Elementos de uma onda periódica

01. Amplitude (A): É o deslocamento máximo em relação ao eixo de vibração.

02. Período (T): É o intervalo de tempo entre a emissão de dois pulsos consecutivos.

Onda periódica



03. Frequência (f): É o número de pulsos emitidos na unidade de tempo.

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

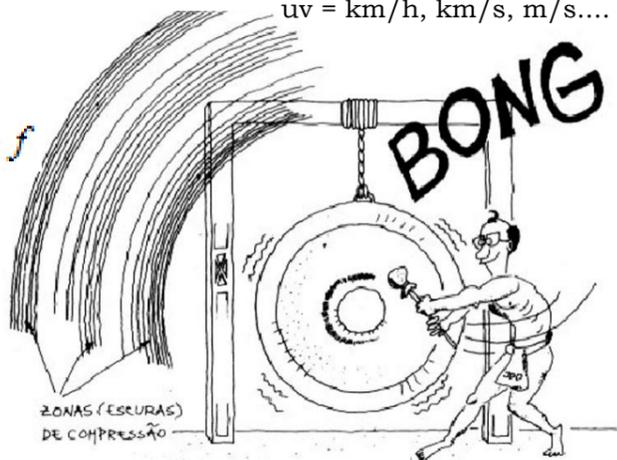
Unidades:
 $uf = 1/ut = 1/s = \text{Hz}(\text{hertz})$
 ou
 rpm (rotações por minuto)

05. Velocidade de propagação (v):

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

Unidades:
 $u\lambda = \text{km, m, cm}...$
 $uT = \text{h, min, seg}...$
 $uv = \text{km/h, km/s, m/s}...$



Concordância e Oposição de Fases

Pontos em concordância: a distância entre pontos em concordância de fase é proporcional a metade do comprimento de onda multiplicado por um número **par**.

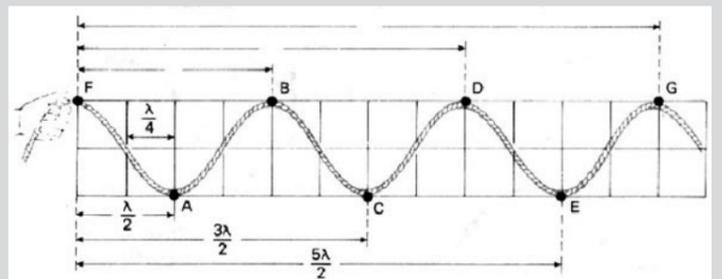
$$d = n \frac{\lambda}{2}$$

n par

Pontos em oposição: a distância entre pontos em oposição de fase é proporcional a metade do comprimento de onda multiplicado por um número **ímpar**.

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

n ímpar



A principal diferença desse jornal em relação aos demais está no seu foco. Procurei colocar apenas um tópico do programa e escolhi ondulatória e acústica que é assunto do Pss2/Prise2 da Ufpa e da Uepa. Podendo assim o aluno usar essa obra para estudar este em específico ou quando necessário tirar alguma dúvida. A idéia também é que possa ser usado como material didático pelos professores. As questões não estão resolvidas justamente para que tivesse quantidade maior e de todo o conteúdo. No entanto todas as respostas estão no site. Basta acessar www.fisicapaidegua.com. Bom estudo e boa sorte!

Orival Medeiros

EXPEDIENTE

Física Pai d'égua
 Publicação Independente
 Tiragem 1500 exemplares

Diretor Responsável,
 projeto gráfico, ilustração e
 edição de arte
 Solução de exercícios e provas
 Orival Medeiros

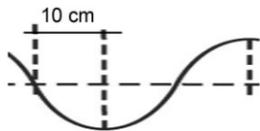
Redação e anúncios
 (91)3222-1846
orival@fisicapaidegua.com
www.fisicapaidegua.com

Impressão
 mastergráfica (91)3249-3241

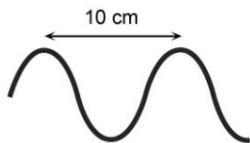
Locais de Venda
 Shopping Iguatemi: Revistaria
 News Time
 Yamada Plaza: Banca do Alvino
 e melhores bancas.

Exercícios

01. (Moji) A figura abaixo representa uma onda que se propaga ao longo de uma corda, com frequência de 100 Hz. Determine a velocidade de propagação da onda, em m/s.



02. (Moji) A figura mostra o perfil de onda de uma onda mecânica propagando-se no ar, com velocidade de 5,0 m/s.



Determine:

- a) o comprimento de onda λ no SI;
- b) a frequência desse movimento;
- c) o período do movimento.

03. (PUC-MG) Uma corda, de comprimento 4,0 metros, está fixa em uma de suas extremidades e, na outra, possui um vibrador harmônico simples de frequência igual a 10 Hz. Sendo a velocidade de propagação de pulsos nessa corda 20 m/s e o oscilador colocado em funcionamento, dê:

- a) o comprimento de onda;
- b) o desenho do aspecto final da corda.

04. (UFMA) O comprimento de uma onda de 120 Hz de frequência, que se propaga com velocidade de 6 m/s vale, em metro:

- a) 0,05
- b) 0,2
- c) 0,5
- d) 0,02

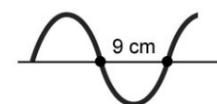
05. (Unitau-SP) Uma onda monocromática de frequência $2,0 \times 10^{14}$ Hz propaga-se no vácuo onde sua velocidade é $c = 3,0 \times 10^8$ m/s. O seu comprimento de onda em angstroms (Å) é:

- a) 2×10^2
- b) 2×10^4
- c) $1,5 \times 10^2$
- d) $1,5 \times 10^4$
- e) $1,8 \times 10^4$

06. (Odonto-Diamantina) O Sol nos manda, entre outras radiações, luz vermelha, luz azul, calor, raios X, raios γ . Todas essas radiações têm em comum, no vácuo, a(o) mesma(o):

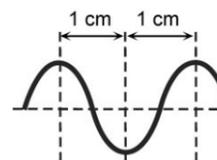
- a) velocidade de propagação
- b) frequência
- c) comprimento de onda
- d) amplitude de onda
- e) período de vibração

07. (FUCMT) Uma onda se propaga ao longo de uma corda com frequência de 30 Hz, conforme a figura. Nessas condições podemos afirmar que sua velocidade e comprimento de onda são, respectivamente:



- a) 320 cm/s e 18 cm
- b) 540 cm/s e 18 cm
- c) 270 cm/s e 9 cm
- d) 90 cm/s e 3 cm
- e) 30 cm/s e 3 cm

08. (Cesep-PE) Esta figura representa uma onda senoidal propagando-se ao longo de uma corda, com velocidade igual a 0,2 m/s. Qual a frequência da onda em hertz?



- a) 0,1
- b) 1,0
- c) 10
- d) 20
- e) 50

- a) 1000 m/s
- b) 1300 m/s
- c) 1100 m/s
- d) 1200 m/s
- e) nda

- c) transporte macroscópico de matéria e da energia
- d) transporte de uma energia maior do que a energia fornecida
- e) transporte de uma quantidade de movimento maior do que a quantidade de movimento inicial da onda

- em todos os meios
- II. Quando uma onda se desloca em um meio, o meio como um todo permanece em repouso, só apresentando movimento no trecho afetado pela onda
- III. Numa onda transversal a direção de propagação e a direção da perturbação são paralelas

- a) 10^4 Hz
- b) 10^7 Hz
- c) 10^6 Hz
- d) 10^5 Hz
- e) nda

09. (UFMA) Em um lago, o vento produz ondas periódicas que se propagam com velocidade de 2 m/s. O comprimento de onda é de 10 m. a frequência de oscilação de um barco, quando ancorado nesse lago, em Hz, é de:

- a) 0,5
- b) 0,2
- c) 2
- d) 5
- e) 10

11. (FCC) Qual é a velocidade de uma onda que se propaga na superfície de um meio líquido com uma frequência de 10 ciclos por segundo e um comprimento de onda igual a 0,20 cm?

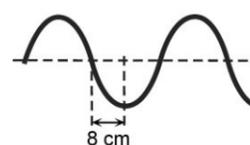
- a) 0,020 cm/s
- b) 0,20 cm/s
- c) 2,0 cm/s
- d) 20 cm/s
- e) 20×10^1 cm/s

13. Em todo movimento ondulatório ocorre

- a) somente transporte de energia
- b) somente transporte de quantidade de movimento
- c) somente transporte de massa
- d) transporte de massa e de energia
- e) transporte de energia e de quantidade de movimento

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

16. (Mack-SP) Uma onda se propaga ao longo de uma corda com frequência de 60 Hz, como ilustra a figura. Nestas condições, podemos afirmar que o comprimento de onda e a sua velocidade de propagação são, respectivamente:



- a) 32 cm e 1920 cm/s
- b) 16 cm e 60 cm/s
- c) 64 cm e 15 cm/s
- d) 32 cm e 60 cm/s
- e) 32 cm e 960 cm/s

10. (PUCC) Calcule a velocidade de propagação de uma onda longitudinal de 100 Hz de frequência e 11 m de comprimento de onda.

12. A propagação de ondas envolve, necessariamente:

- a) transporte de energia através do meio
- b) transporte macroscópico das partículas

14. Entre as afirmações abaixo, assinale a(s) correta(s):

I. As ondas propagam-se com a mesma velocidade

15. Os morcegos emitem ultra-sons. O menor comprimento de onda produzido por um morcego no ar é da ordem de $3,3 \times 10^{-3}$ m. Qual será a frequência mais elevada que os morcegos podem emitir num local onde a velocidade do som no ar é igual a 330 m/s?

17. (UFES) Na propagação de uma onda há, necessariamente, transporte de:

- a) massa e energia
- b) quantidade de movimento e partículas
- c) energia e quantidade de movimento
- d) massa e partículas
- e) partículas e vibrações

- de propagação da onda
- c) transportando matéria na direção de propagação da onda
- d) do material de que é feita a corda
- e) da elasticidade da corda

19. (ITA-SP) Considere os seguintes fenômenos ondulatórios:

- I. Luz
- II. Som (no ar)
- III. Perturbação propagando-se numa mola helicoidal esticada

Podemos afirmar que:

- a) I, II e III necessitam de um suporte material para

- propagar-se
- b) I é transversal, II é longitudinal e III tanto pode ser transversal como longitudinal
- c) I é longitudinal, II é transversal e III é longitudinal
- d) I e III podem ser longitudinais
- e) Somente III é longitudinal

20. (Fuvest-SP) Um vibrador produz, numa superfície líquida, ondas de comprimento 5,0 cm que se propagam à velocidade de 3,0 cm/s.

- a) Qual a frequência das ondas?
- b) Caso o vibrador aumen-

te apenas usa amplitude de vibração, o que ocorre com a velocidade de propagação, o comprimento e a frequência das ondas?

21. (Fuvest-SP) Em um lago o vento produz ondas periódicas que se propagam com a velocidade de 2 m/s. O comprimento de onda é 10 m. Determine o período de oscilação de um barco:

- a) quando ancorado nesse lago
- b) quando se movimenta em sentido contrário ao da propagação das ondas, com uma velocidade de 8 m/s

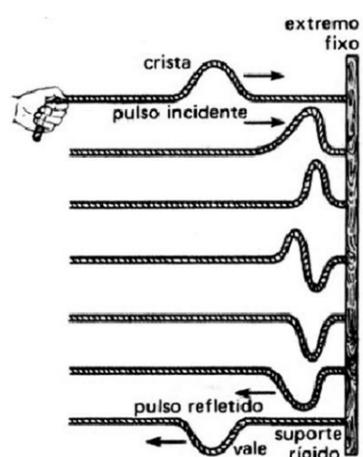
$$E = F/q$$

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q$$

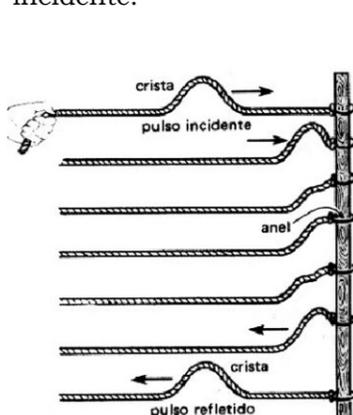
Reflexão de Pulsos

Um pulso sofre reflexão quando em movimento encontra uma superfície, ou meio diferente, e volta com ou sem oposição de fase.

a) com extremidade fixa: o pulso reflete-se com inversão de fase.



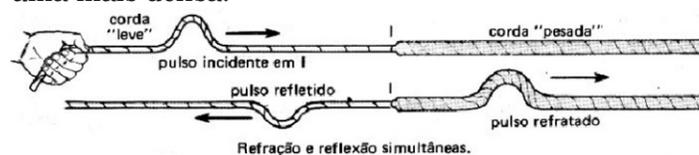
b) com extremidade livre: o pulso reflete-se em concordância de fase com o pulso incidente.



Refração de Pulsos

A refração é a passagem de um pulso de um meio para outro com características diferentes. Nos casos abaixo a densidade das cordas são diferentes.

a) o pulso é transmitido de uma corda menos densa para uma mais densa:



- pulso refratado sem inversão de fase
- pulso refletido com inversão de fase

b) o pulso é transmitido de uma corda mais densa para outra com densidade menor:



- pulsos refratado e refletido sem inversão de fases



Todas as respostas desse jornal no site. Acesse e confira:

www.fisicapaidegua.com

RESPOSTAS

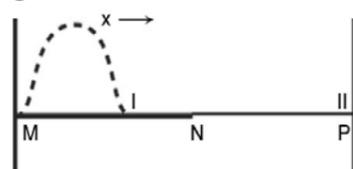
Exercícios

22. (F. Carlos Chagas-SP) Ao chegar ao extremo de uma corda, um pulso transversal, que nela se propaga, sofre:

- reflexão com inversão de fase se o extremo for livre
- refração com inversão de fase se o extremo for livre
- refração sem inversão de fase se o extremo for fixo
- reflexão sem inversão de fase se o extremo for livre
- reflexão sem inversão de fase se o extremo for fixo

Dois cordas, uma grossa (I) e de grande densidade linear, e outra fina (II) e de pequena densidade linear, são unidas conforme a figura. Admita que, inicialmente, uma perturbação única x propague-se no sentido indicado.

Os pontos M e P são fixos. Responder os dois testes seguintes conforme o código:



- só a afirmação I é correta
- só a afirmação II é correta
- só a afirmação III é correta
- as afirmações I, II e III são incorretas
- as afirmações (a, b, c e d) são inadequadas

23. Logo após a chegada da perturbação em N, pode-se esperar:

- A perturbação passa de I para II sem inversão.
- a perturbação sofre uma reflexão em N com in-

versão.

III - A perturbação que passa para II e a que se reflete em N e continua em I são ambas dirigidas para baixo.

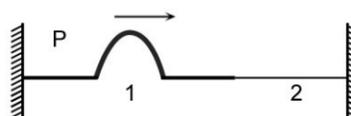
24. Logo após a primeira reflexão em M e em P, verifica-se o seguinte:

I - Uma perturbação para baixo percorre a corda I de M a N e outra para cima percorre a corda II de P para N.

II - Uma perturbação para baixo percorre a corda II de P para N e outra também para baixo percorre a corda I de M para N.

III - As perturbações refletidas consideradas são ambas dirigidas para cima.

25. Considere um sistema formado por duas cordas diferentes, sendo que a corda 1 tem maior densidade linear do que a 2. Um pulso P propagando-se na corda 1 atinge o ponto de junção das cordas e origina dois pulsos, um refletido e outro refratado.



Represente o aspecto que o sistema de cordas apresenta logo após a incidência do pulso P no ponto de junção.

26. Uma onda propaga-se numa corda A com velocidade de 10 m/s e comprimento de onda de 20 cm. Ao atingir outra corda B, sua velocidade passa para 25 m/s. Calcule o compri-

mento de onda na corda B.

27. (Omec-SP) Quando uma radiação passa de um meio para o outro:

- sua frequência varia e seu comprimento de onda permanece constante.
- sua velocidade varia e sua frequência permanece constante.
- a velocidade varia e o comprimento de onda permanece constante.
- a frequência, a velocidade e o comprimento de onda permanecem constantes.
- a frequência, a velocidade e o comprimento de onda variam.

É verdadeira a afirmação de número:

- I
- II
- III

- IV
- V

28. Duas cordas de mesmo comprimento estão emendadas como mostra a figura:

A B

A corda A é mais leve que a corda B. Um trem de ondas de frequência f é enviado de A para B. Quando as ondas atingem B:

a) a frequência cresce, a velocidade decresce, e o comprimento de onda se mantém constante

b) a frequência decresce, a velocidade cresce, e o comprimento de onda se matem

constante

c) a frequência se mantém constante, a velocidade e o comprimento de onda decrescem

d) a frequência se mantém constante, a velocidade e o comprimento de onda crescem

e) a frequência se mantém constante, a velocidade decresce, e o comprimento de onda cresce

29. Na corda A do exercício anterior, a velocidade das ondas é de 20 m/s, e na corda B é de 10 m/s. Sendo λ_A e λ_B os comprimentos de ondas em A e em B, pode-se afirmar que:

- $\lambda_A/\lambda_B = 2$
- $\lambda_A/\lambda_B = 1/2$

- $\lambda_A/\lambda_B = 3$
- $\lambda_A/\lambda_B = 1/3$
- $\lambda_A/\lambda_B = 1$

30. Ondas de rádio de 300 m de comprimento no ar penetram na água, onde se verifica que o comprimento de onda passa a ser 225 m. A razão entre as velocidades das ondas na água e no ar é:

- 4/3
- 3/4
- 3/5
- 5/3
- 1

31. (ESPM-SP) Uma onda, propagando-se numa corda com velocidade de 18 m/s e frequência de 15 Hz, encontra seu ponto de união com outra corda, passando a se propagar nela com velocidade de 12 m/s. A razão entre os comprimentos de onda na primeira e segunda corda é, respectivamente:

- 1/2
- 2/5
- 3/5
- 3/2
- 2/3

32. (Med. Jundiai-SP) O período de uma onda num lago é 2,0 s e sua velocidade, 1,0 m/s. Seu comprimento de onda é:

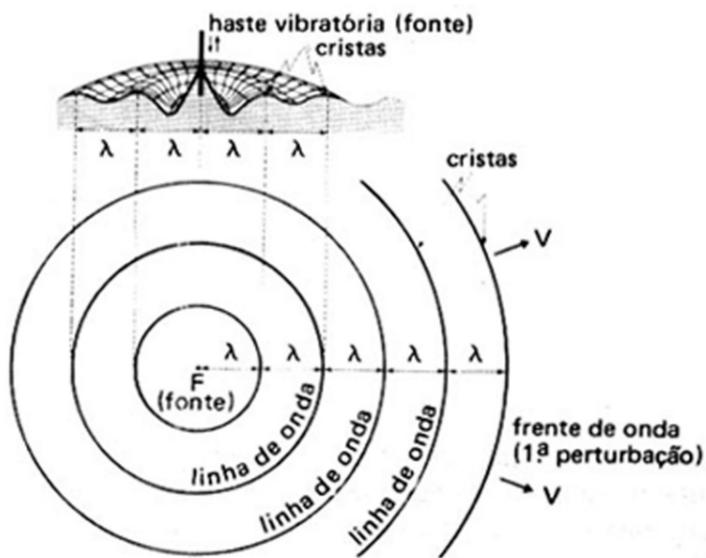
- 0,5 m
- 1,0 m
- 2,0 m
- 3,0 m

33. (Unisa-SP) Se um telefone celular transmite na frequência de 825 MHz, podemos dizer que o comprimento de onda transmitido vale (Considere a velocidade de propagação igual a 300.000 km/s):

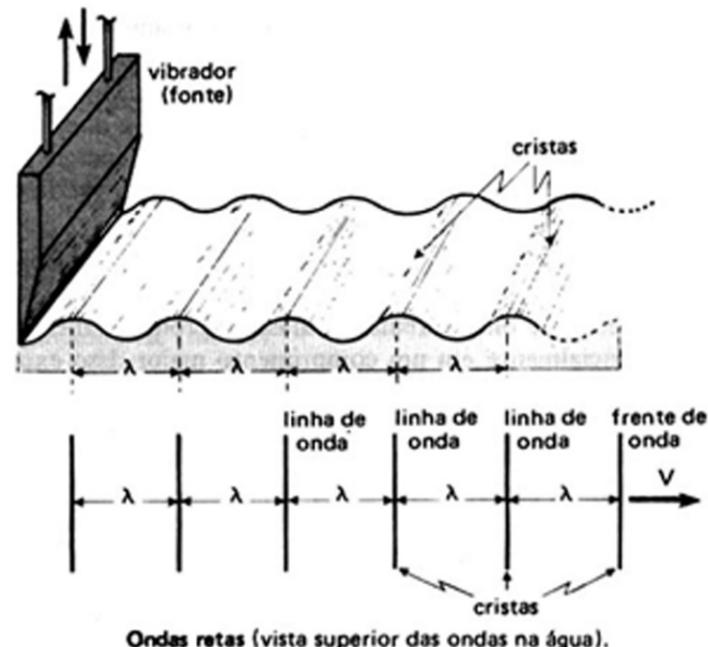
- 2,75 cm
- 3,64 cm
- 27,5 cm
- 36,4 cm
- 275 cm

Ondas em meios bidimensionais

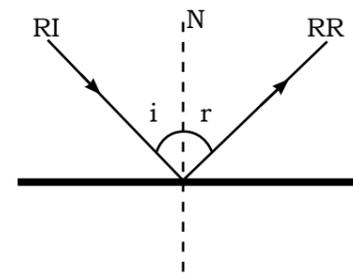
Onda circular



Onda reta ou plana



Reflexão



RI Raio Incidente
RR Raio Refletido
N Normal
i Ângulo de Incidência
r Ângulo de Reflexão

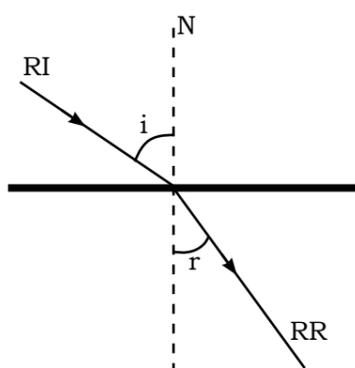
Leis da Reflexão

1ª Lei: O raio incidente, o raio refletido e a normal estão contidos no mesmo plano.

2ª Lei: O ângulo de incidência e o ângulo de reflexão são iguais.

$$i = r$$

Refração



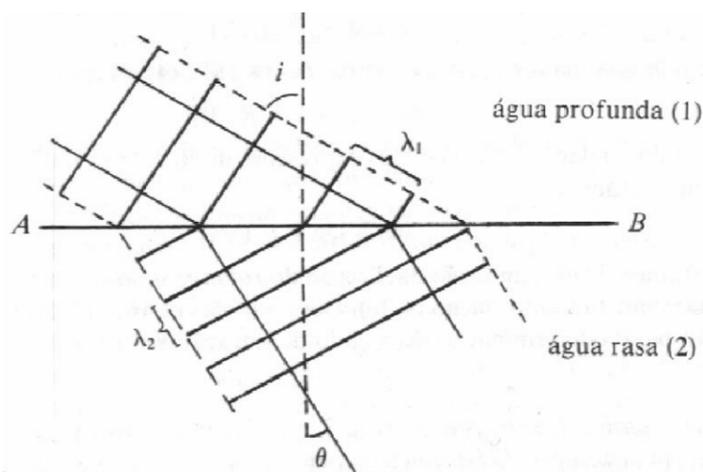
A refração é a passagem de uma onda de um meio para outro com características diferentes.

Leis da Refração:

1ª Lei: O raio incidente, o raio refratado e a normal estão contidos no mesmo plano.

2ª Lei: Lei de Snell-Descartes

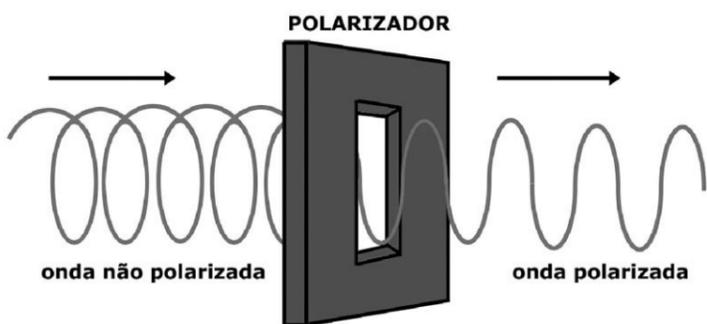
$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$



Polarização

Uma vibração transversal é geralmente complexa, compreendendo vários planos de vibração. Ao vibrar uma

corda longa, podemos escolher fazer-lo somente para cima e para baixo. A onda assim produzida é polarizada, com um plano de vibra-

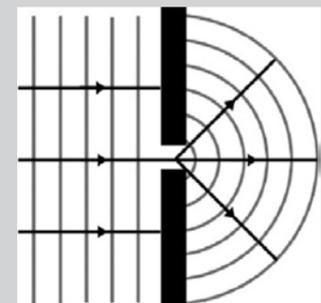


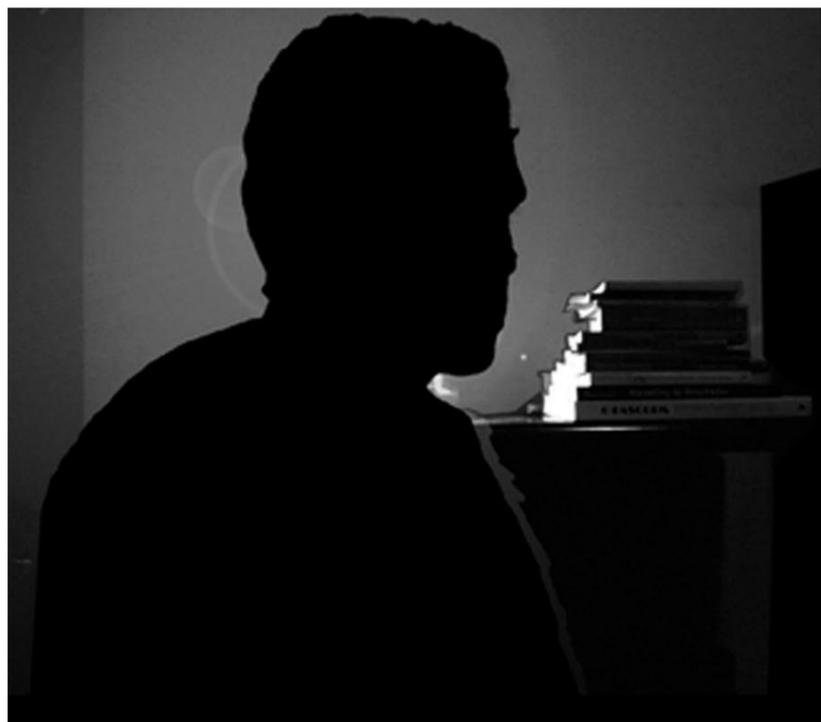
ção vertical. Mas é possível também vibrarmos a extremidade da corda em várias direções; nesse caso, a onda produzida tem vários planos de vibração. Se, no entanto, a corda passa por uma estreita fenda horizontal, a vibração só acontece horizontalmente; é uma imposição física colocada à onda mecânica. Transposta a fenda, o único plano de vibração observado na corda é horizontal.

Dizemos que a onda está polarizada horizontalmente. A luz também pode ser polarizada. A imposição física para que isso aconteça não é, entretanto, mecânica. A polarização da luz se deve a características eletromagnéticas, determinadas pelos arranjos moleculares das substâncias. A polarização é um fenômeno que pode ocorrer exclusivamente com as ondas transversais. Assim sendo, o som não é passível de polarização.

Difração

A difração ocorre quando uma onda encontra uma fenda ou um obstáculo. As ondas conseguem contornar obstáculos e fendas, e chegam a regiões que não seriam atingidas caso apenas propagação retilínea. Só ocorre difração quando o comprimento da onda incidente é aproximadamente igual as dimensões da fenda.





Meu nome é M.

Eu sou **viciado** em Física

Bem, minha experiência começou há mais ou menos 2 anos quando lançaram esse jornal... Física Pai d'égua.

Nesse jornal eu passei a **consumir** Newton, Bohr, Kepler e até Einstein.

Nesses dois anos o **ritmo das madrugadas** era: algumas equações de MUV, Leis de Newton, refração e as vezes Física Quântica para ficar **viajando**. Em noites de virada até uma relatividadezinha.

Então o que sobrou? Nada. Então tá, espero que **alguém possa se beneficiar** da minha experiência. Para aqueles que acham bobagem desejo **SORTE**.

Testemunho de M, 18 anos.
Viciado em Física

Exercícios

34. (Unifor-CE) Para que ocorra difração, a onda deve encontrar:

- a) um obstáculo de dimensões muito menores que seu comprimento de onda
- b) uma fenda de dimensões muito maiores que seu comprimento de onda
- c) uma fenda de dimensões muito menores que seu comprimento de onda
- d) uma fenda ou obstáculo de dimensões da mesma ordem de grandeza do seu comprimento de onda

35. (UFRS) A principal diferença entre o comportamento de ondas transversais e

de ondas longitudinais consiste no fato de que estas:

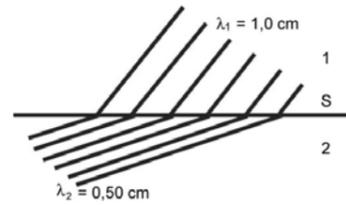
- a) não produzem efeitos de interferência
- b) não se refletem
- c) não se refratam
- d) não se difratam
- e) não podem ser polarizadas

36. (UFSC) Para que haja interferência destrutiva total entre duas ondas de mesma frequência, é necessário que elas possuam:

- a) mesma amplitude e estejam em oposição de fase
- b) amplitudes diferentes e estejam em oposição de fase
- c) mesma amplitude e estejam em concordância de

fase
d) amplitudes diferentes e estejam em concordância de fase
e) mesma amplitude e estejam em quadratura de fase

37. (FCC) Na figura abaixo estão representadas as frentes de onda de uma onda que passa do meio (1) para o meio (2). Qual é o índice de refração do meio (2) em relação ao meio (1)?



- a) 0,50
- b) 1,0
- c) 1,5

- d) 2,0
- e) 2,5

38. (Unicamp-SP) Ondas planas propagam-se de um meio 1 para um meio 2. No meio 1 as ondas têm velocidade $v_1 = 8,0$ cm/s e comprimento de onda $\lambda_1 = 4,0$ cm. Após atingirem a superfície de separação com o meio 2, passam a ter comprimento $\lambda_2 = 3,0$ cm.

a) Qual é a velocidade de propagação das ondas no meio 2?

b) Qual é o índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1?

39. (FFCL Santa Cecília) Ondas podem contornar obstáculos. Esse fenômeno é chamado:

- a) interferência
- b) refração
- c) difração
- d) absorção
- e) nda

40. (UFRS) O fenômeno de as ondas sonoras contornarem um edifício é conhecido como:

- a) reflexão
- b) refração
- c) dispersão
- d) interferência
- e) difração

41. (EN-RJ) Ao dobrarmos a frequência com que vibra a fonte de ondas produzidas na água, numa experiência em um tanque de ondas, verificamos que:

- a) aumenta o período
- b) o comprimento de onda se reduz à metade
- c) aumenta a velocidade da onda
- d) diminui a velocidade da onda
- e) dobra o comprimento de onda

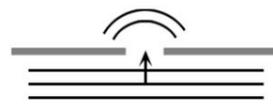
42. (Unicap-PE) O som é uma onda longitudinal porque não apresenta:

- a) reflexão
- b) polarização
- c) refração
- d) interferência
- e) difração

43. (Unicap-SP) A luz é uma onda transversal, pois apresenta:

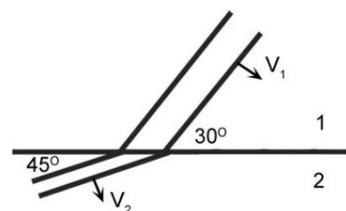
- a) reflexão
- b) polarização
- c) refração
- d) interferência
- e) difração

44. (F.M.Pouso Alegre-MG) O diagrama mostra ondas na água passando através de um orifício numa barreira colocada dentro de um tanque. O diagrama representa o fenômeno ondulatório denominado:



- a) reflexão
- b) refração
- c) difração
- d) interferência
- e) polarização

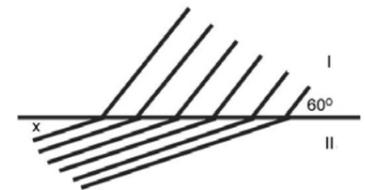
45. Em um tanque, as frentes de ondas planas na superfície da água, ao passarem de uma parte rasa a outra profunda, o fazem sob ângulo de 30° e 45° , conforme a figura. Sendo a velocidade de propagação em 1 $v_1 = 30$ cm/s, determine:



a) a velocidade v_2 de propagação no meio 2

b) a razão entre os comprimentos de onda em 1 e 2

46. A figura mostra ondas que se propagam na água e que estão passando do meio I para o meio II. O comprimento de onda no meio I é 4 cm e no meio II é 2 cm. Determine:



a) o seno de ângulo x

b) a relação entre as velocidades nos dois meios

47. (UFRN) Um raio de luz parte de um meio A, cujo índice de refração é $n_A = 1,80$, para um meio B, cujo índice de refração é $n_B = 1,44$. Qual o valor da relação v_A/v_B entre as velocidades da luz no dois meio?

- a) 0,56
- b) 0,80
- c) 1,00
- d) 1,25
- e) 2,16

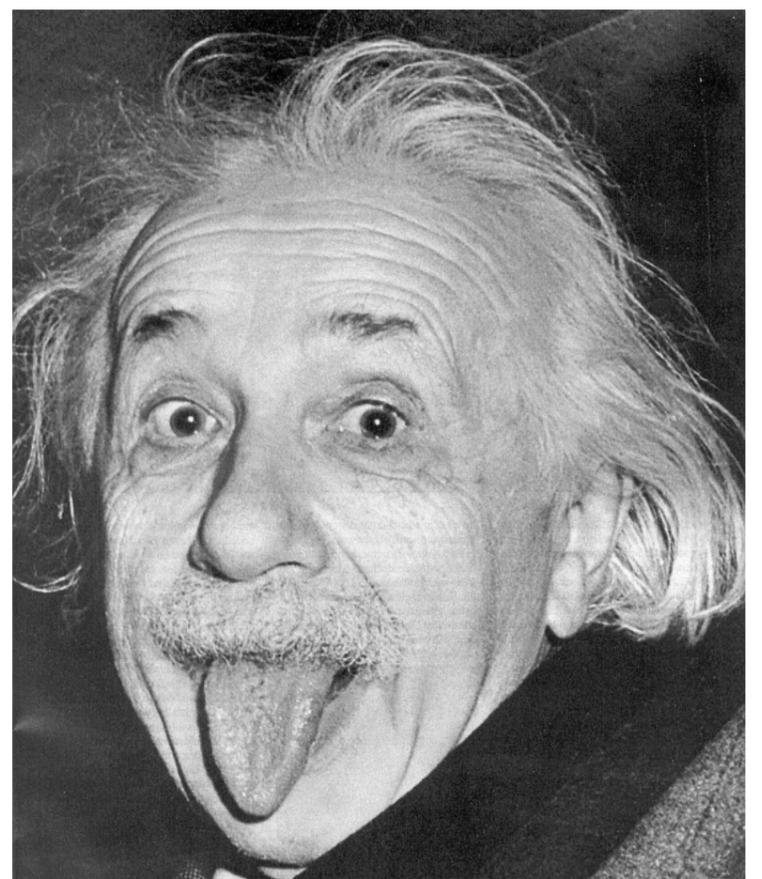
48. Uma onda de certa intensidade e frequência tem no ar um comprimento de onda $\lambda = 0,1$ m. Sabendo-se que sua velocidade de propagação é de 340 m/s no ar, qual o seu comprimento de onda num meio no qual sua velocidade é de 1360 m/s?

49. Um feixe de luz, cujo comprimento de onda é 6×10^{-7} m e cuja frequência é 5×10^{14} Hz, passa do vácuo para um bloco de vidro cujo índice de refração é 1,50. Quais são os valores, no vidro, da velocidade, da frequência e do comprimento de onda da luz do feixe?

Einstein mostrou a língua para não sorrir

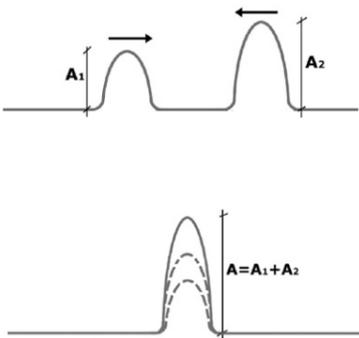
A fotografia foi tirada no dia 14 de março de 1951, em Princeton, Nova Jersey, nos Estados Unidos, durante a comemoração dos 72 anos do cientista. Apesar da fama, Einstein tinha um estilo discreto e não gostava da imprensa. O cientista não conseguia entender como apesar de ter escritos livros de difícil compreensão, tinha se tornado tão popular. Quando um fotógrafo

da agência UPI (United Press International), do qual nem a própria agência lembra o nome, pediu para que desse um sorriso, sua reação foi o oposto: mostrou a língua, sem cerimônias. Mas, como Einstein mesmo dizia, tudo é relativo e ele gostou tanto da foto que, mais tarde, passou a mandá-la regularmente aos amigos em aniversários, Natal etc.



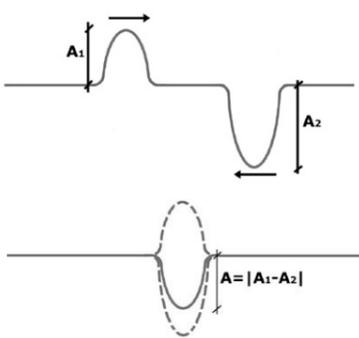
Superposição de Pulsos

Construtiva



Pulsos que se movem em sentidos opostos e com a mesma fase se superpõem somando suas amplitudes no instante do encontro. Após o encontro eles continuam como se o outro pulso não existisse.

Destrutiva



Pulsos que se movem em sentidos opostos e em oposição de fases se superpõem diminuindo suas amplitudes no instante do encontro. Após o encontro eles continuam como se o outro pulso não existisse.

Ondas Estacionárias

São ondas resultantes da superposição de duas ondas de mesma frequência, mesma amplitude, mesmo comprimento de onda, mesma direção e sentidos opostos. Portanto, é um caso particular de superposição de ondas.

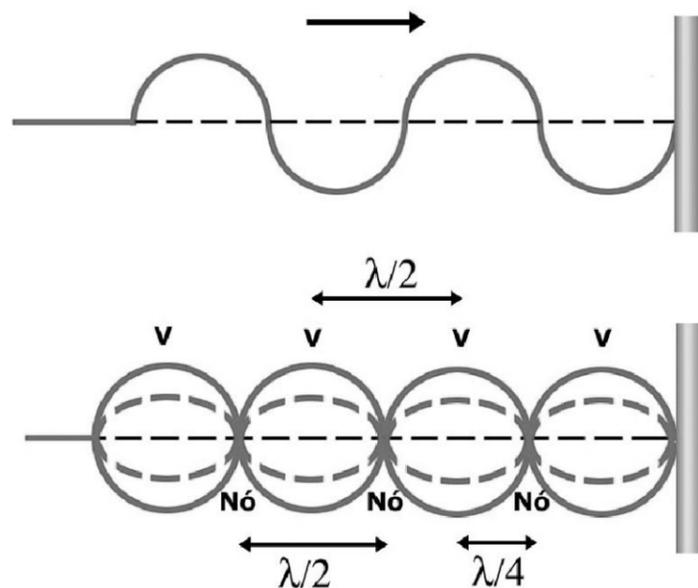
Considere uma corda presa numa das extremidades. Fazendo a outra extremidade vibrar com movimentos verticais periódicos, originam-se perturbações regulares, que se propagam pela corda. Ao atingirem a extremidade fixa, elas se refletem, retornando à corda com sentido de deslocamento contrário ao anterior.

Dessa forma, as perturba-

ções se superpõem às outras que estão chegando à parede, originando o fenômeno das ondas estacionárias.

Uma onda estacionária se

caracteriza pela amplitude de variável de ponto para ponto, isto é, há pontos da corda que não se movimentam (amplitude nula), chamados nós, e pontos que



vibram com amplitude máxima, chamados ventres. É evidente que, entre os nós, os pontos da corda vibram com a mesma frequência, mas com amplitudes diferentes.

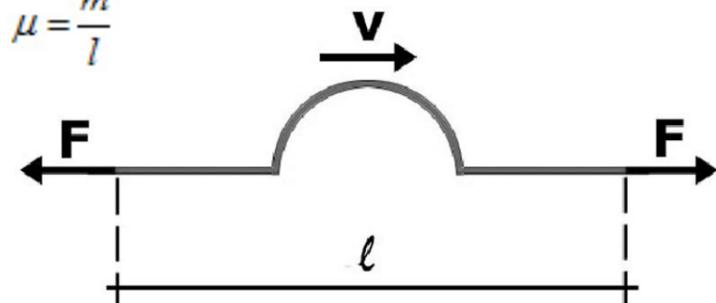
Velocidade da onda em uma corda

A velocidade de propagação v de uma onda transversal na corda é determinada por:

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

Nessa expressão, F é a tração a que fica sujeita a corda, e μ é a densidade linear (massa por unidade de comprimento):

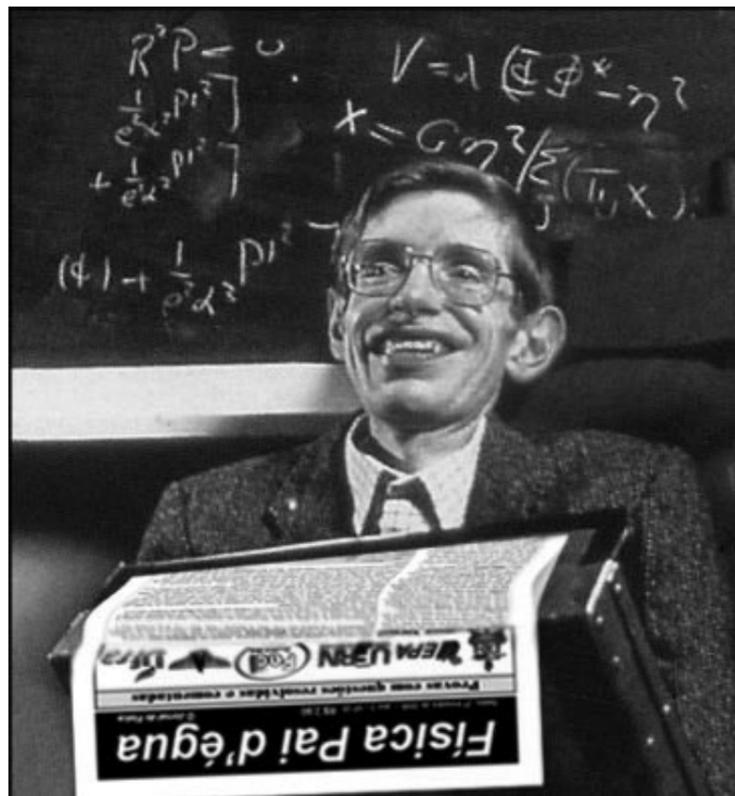
$$\mu = \frac{m}{l}$$



Por essa expressão, podemos entender como se produz uma melodia com um instrumento de corda. São três as variáveis. Durante a execução, o músico controla o valor de l , porção vibrante da corda ou muda de uma corda mais grossa para uma mais fina (alterando μ). Ele controla a intensidade da força de tração ao fazer a afinação do instrumento através de roscas especiais (tarrachas). É desse modo que ele obtém as várias notas (frequências).

Observe que:

- 1) como os nós estão em repouso, não pode haver passagem de energia por eles, não havendo então, numa onda estacionária o transporte de energia;
- 2) a distância entre dois nós consecutivos vale (distância nodal) $\lambda/2$.
- 3) a distância entre dois ventres consecutivos vale $\lambda/2$
- 4) a distância entre um nó e um ventre consecutivo vale $\lambda/4$.
- 5) dois ventres ou dois nós consecutivos estão em oposição de fase.



Todo mundo lê

Exercícios

50. Um arame de aço, com 1 m de comprimento e de 10 g de massa, é esticado com uma força de tração de 100 N. Determine a velocidade de propagação de um pulso transversal nesse arame.

51. Calcule a velocidade de propagação de um pulso transversal em um fio em função da intensidade da força que traciona o fio (T), da área A da seção transversal e da densidade d (densidade volumétrica) do material que constitui o fio.

52. Determine a velocidade de propagação de um pulso em uma corda de 3 m de comprimento, 600 g de massa e sob tração de 500 N.

53. Um fio tem área de seção transversal 10 mm² e densidade 9 g/cm³. A velocidade de propagação de pulsos transversais no fio é 100 m/s. Determine a intensidade da força que traciona o fio.

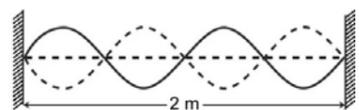
54. Uma corda de massa específica linear 10 g/m tem uma de suas extremidades presa a um motor ligado e a outra, após passar por uma polia fixa, sustenta um peso de 100 N. Nota-se, na parte mantida horizontal, a formação de ondas de comprimento de 25 cm. Ache a frequência de vibração do motor.

55. Um fio de aço de densidade 4 x 10³ kg/m³ tem área da seção transversal de 4 x 10⁻⁵ m² e é tracionado com uma força de 81 N. Determine a velocidade com que uma onda transversal se propaga nessa corda.

57. (Univ. Maringá-PR) A velocidade de propagação de uma onda em uma corda fixa nas duas extremidades é de 2 m/s. A corda forma uma onda estacionária cujos nós estão espaçados de 1 cm. A frequência de vibração da corda será de:

- a) 200 Hz
- b) 400 Hz
- c) 50 Hz
- d) 100 Hz
- e) 20 Hz

56. (Fac. Franciscanas-SP) A figura mostra uma onda estacionária em uma corda cuja frequência é de 60 Hz. A velocidade de propagação da onda, em m.s⁻¹, é de:



- a) 10.
- b) 30.
- c) 60.
- d) 80.
- e) 90.

58. (Arquit. Santos-SP) Um fio de náilon de 60 cm de comprimento com extremos fixos, vibra tracionado por uma dada força e excitado por uma fonte de 100 Hz de frequência, originando uma onda estacionária de 3 nós. A velocidade de propagação da onda na corda será de:

- a) 30 m/s
b) 3000 m/s
c) 6000 m/s
d) 60 m/s

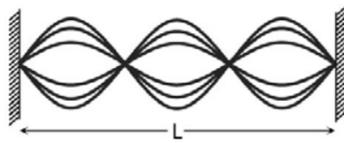
59. (Cesgranrio-RJ) Uma corda de 25 cm de comprimento, fixa nas extremidades P e Q, vibra na configuração estacionária

representada na figura. Sabendo que a frequência de vibração é de 1000 Hz, a velocidade de propagação das ondas ao longo da corda vale:



- a) 125 m/s
b) 250 m/s
c) 400 m/s
d) 500 m/s
e) 4000 m/s

60. (Univ. Viçosa-MG) Uma onda estacionária é produzida por uma corda de violão, como mostra a figura. O comprimento da onda é:



- a) $L/3$
b) $3L/2$
c) $2L/3$
d) L
e) $3L$

61. Uma corda de violão tem 0,60 m de comprimento. Determine os três comprimentos de ondas estacionárias que se pode estabelecer nessa corda.

62. Numa corda de 3 m de comprimento, formam-se ondas estacionárias, observando-se a formação de seis ventres e sete nós. As ondas parciais que se superpõem, originando as ondas estacionárias, propagam-se com velocidade de 1,2 m/s. Determine para as ondas parciais:

- a) o comprimento de onda
b) a frequência

63. (ITA-SP) Uma onda transversal é aplicada sobre um fio preso pelas extremidades, usando-se um vibrador cuja frequência é 50 Hz. A distância média entre os pontos que praticamente não se movem é 47 cm. Então a velocidade das ondas nesse fio é:

- a) 47 m/s
b) 23,5 m/s
c) 0,94 m/s
d) 1,1 m/s
e) outro valor

64. Uma onda estacionária é estabelecida numa corda de 3 m de comprimento, com extremos fixos. Sabendo que a frequência é 6 Hz e que em todo o seu comprimento surgem 4 nós 3 ventres, determine:

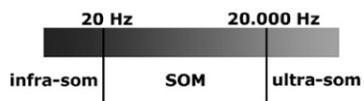
- a) o comprimento de onda
b) a velocidade de propagação

Acústica

Parte da Física que estuda as ondas sonoras.

Ondas Sonoras

São ondas mecânicas e longitudinais que vibram entre 20 Hz e 20.000 Hz.



- como o som é uma onda mecânica não se propaga no vácuo
- por ser onda longitudinal não pode ser polarizada

Velocidade do som

A onda mecânica necessita de um meio material para sua propagação e quanto mais denso esse meio, maior a velocidade de propagação. O som é uma onda mecânica, então sua

velocidade é maior nos sólidos do que nos líquidos e maior nos líquidos do que nos gases.

$$V_{\text{sólido}}^{\text{som}} > V_{\text{líquido}}^{\text{som}} > V_{\text{gases}}^{\text{som}}$$

A tabela abaixo nos dá a velocidade do som em algumas substâncias.

Substância	Velocidade
Ar a 0°C	331 m/s
Ar a 15°C	340 m/s
Água a 20°C	1482 m/s
Ferro	4480 m/s
Aço	5941 m/s
Alumínio	6420 m/s

Qualidades do Som

Altura

É a qualidade do som que permite distinguir sons graves de sons agudos.

- maior **frequência** → mais **alto** → mais **agudo**
- menor **frequência** → mais **baixo** → mais **grave**

Intensidade

É a qualidade do som que permite distinguir um som forte de um som fraco.

- maior **intensidade** → mais **forte**
- menor **intensidade** → mais **fraco**

A intensidade é definida fisicamente como a quantidade de energia que chega em superfície na unidade de tempo.

$$I = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t} \quad \text{ou} \quad I = \frac{P}{A}$$

No sistema internacional, a intensidade é medida em W/m^2 , pois P é medida em W (Watt) e A em m^2 .

Timbre

É a qualidade fisiológica do som que permite distinguir fontes diferentes que emitem sons de mesma altura e mesma intensidade.

Intervalo (i)

É a relação entre a maior frequência e a menor entre dois sons.

$$i = \frac{f_2}{f_1} \quad \text{com } f_2 > f_1$$

- quando $f_2 = f_1$, $i = 1$ e os sons são denominados uníssonos
- quando $f_2 = 2f_1$, $i = 2$ e dizemos que f_2 está uma oitava acima de f_1

Nível Sonoro (N)

$$N = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

- I → intensidade da fonte sonora
- I_0 → menor intensidade perceptível ($I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$)
- N é medido em decibéis

Níveis de intensidade de algumas fontes sonoras

Fonte Sonora	N(dB)	I(W/m²)	Descrição
Qualquer	0	10^{-12}	Limiar de audição
Respiração normal	10	10^{-11}	Quase inaudível
Escritório tranquilo	50	10^{-7}	Silencioso
Escritório barulhento	80	10^{-4}	Som tolerável
Música numa discoteca	90	10^{-3}	Som forte
Decolagem de um avião	150	10^3	Dor de ouvido

Eco e Reverberação

O ouvido humano tem capacidade de perceber dois sons idênticos distintamente, desde que o intervalo de tempo entre a recepção dos mesmos seja maior ou igual a um décimo de segundo (0,1 s).

Assim, quando gritamos diante de uma superfície refletora, dependendo da distância que nos separa da superfície, podemos ouvir dois sons: um som direto, ao gritarmos, e outro som por reflexão, após o pulso sonoro se refletir no direto, ao gritarmos, e outro som por reflexão, após o pulso sonoro se refletir no obstáculo e retornar ao nosso ouvido.

Quando, após ouvirmos

o som direto, percebemos distintamente o som refletido, ocorre o eco.

Para ocorrer o eco, o intervalo de tempo entre a emissão do som e o retorno deste ao ouvido deve ser de no mínimo 0,1 s.

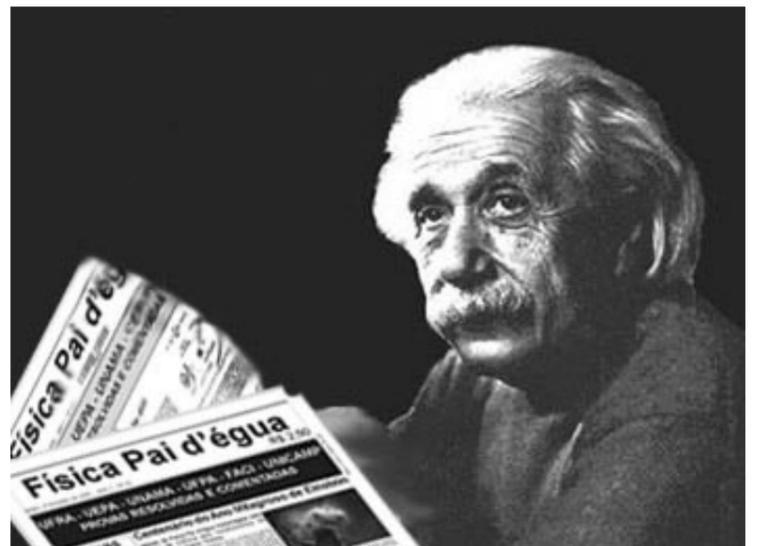
Como a onda sonora percorre uma distância 2x entre a ida e a volta, como mostra a figura, e supondo a velocidade do som no ar igual a 340 m/s, temos:

$$d = V \cdot \Delta t \rightarrow 2x = 340 \times 0,1 \rightarrow x = 17 \text{ m}$$

Portanto, para que ocorra o eco, devemos emitir o som a, no mínimo, 17 m da superfície refletora ($x \geq 17 \text{ m}$).

Caso nos encontremos a menos de 17 m da superfície refletora, ocorre o seguinte: antes de o som direto se extinguir, recebemos o som refletido, que vem reforçar o som direto e dar continuidade a ele; esse fenômeno recebe o nome de reverberação.

A reverberação pode ser facilmente percebida se cantarmos em um ambiente sem móveis ou cortinas (que podem absorver o som), pois ouviremos um som prolongado.



Todo mundo lê

Exercícios

65. (Fatec-SP) Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

- a) o som pode propagar-se através do vácuo
- b) o som não pode propagar-se através de um sólido
- c) o som somente se propaga através do ar
- d) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar
- e) para as ondas sonoras não se verificam os fenômenos de interferência nem difração

66. (U.F.Santa Maria-RS) Uma onda sonora de comprimento de onda 0,68 m propaga-se no ar com velocidade de 340 m/s. O período e a frequência da vibração produzida nas partículas do meio, devido à propagação dessa onda, são, respectivamente:

- a) $4,3 \times 10^{-3}$ s; 231,2 Hz
- b) 500 s; $2,0 \times 10^{-3}$ Hz
- c) $4,0 \times 10^{-3}$ s; 250 Hz
- d) $2,0 \times 10^{-3}$ s; 500 Hz
- e) 231,2 s; $4,3 \times 10^{-3}$ Hz

67. (UFPA) em geral, com relação à propagação de uma onda sonora, afirmamos corretamente que sua velocidade é:

- a) menor nos líquidos que nos gases e sólidos
- b) maior nos gases que nos sólidos e líquidos
- c) maior nos líquidos que nos gases e sólidos
- d) menor nos sólidos que nos líquidos e gases
- e) maior nos sólidos que nos líquidos e gases

68. (Fatec-SP) A velocidade do som na água, em comparação com sua velocidade no ar, é:

- a) maior
- b) menor
- c) igual
- d) diferente, mas não é possível dizer se maior ou menor
- e) maior ou menor, dependendo da frequência do som que se propaga

69. (UFPA) A velocidade do som no ar depende:

- a) da frequência do som
- b) da intensidade do som
- c) do timbre do som no ar
- d) da temperatura do ar
- e) da frequência do som no ar

70. (PUC Campinas-SP) Quando uma onda sonora tinge uma região em que a temperatura do ar é diferente, muda:

- a) a frequência
- b) o timbre
- c) a altura
- d) o comprimento de onda
- e) nenhuma das anteriores

71. (PUC-SP) O som é uma onda _____. Para se propagar, necessita _____ e a altura de um som refere-se à sua _____.

- a) plana/do ar/intensidade
- b) plana/do meio material/frequência
- c) mecânica/do vácuo/frequência
- d) transversal/do ar/velocidade
- e) transversal/do meio material/intensidade

72. (FCM-MG) Comparando duas notas, dó e ré, que se seguem na escala musical, podemos concluir que:

- a) ambas as notas propagam-se com a mesma velocidade, num determinado meio

- b) dó possui mais energia do que ré
- c) a frequência de dó é maior do que a frequência de ré
- d) o comprimento de onda de ambas as notas é o mesmo
- e) a nota dó é mais aguda do que a nota ré

73. (U. f. santa Maria-RS) Um pianista bate as teclas do piano A com mais força que as do piano B. Isso nos possibilita afirmar que o som emitido pelo piano A tem maior _____ que o do piano B. A palavra que melhor completa a lacuna do texto acima é:

- a) intensidade
- b) timbre
- c) comprimento de onda
- d) altura
- e) período

74. (UPCR) As qualidades fisiológicas do som são: altura, intensidade e timbre.

I – Altura é a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco de mesma frequência.

II – Intensidade é a qualidade que permite distinguir um som agudo de um som grave.

III – Timbre é a qualidade que permite distinguir dois sons de mesma altura emitidos por fontes diferentes.

75. (UFRS) Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

- a) Frequência e amplitude

- b) Frequência e comprimento de onda
- c) Comprimento de onda e frequência
- d) Amplitude e comprimento de onda
- e) Amplitude e frequência

76. (ITA-SP) O que permite decidir se uma dada nota musical provém de um violino ou de um trombone é:

- a) a diferença entre as alturas dos sons
- b) a diferença entre os timbres dos sons
- c) a diferença entre as intensidades dos sons
- d) a diferença entre as fases das vibrações
- e) o fato de que num caso a onda é longitudinal e no outro transversal

77. (UECE) A mesma nota musical, quando emitida por uma flauta, é diferente quando emitida por um piano. O fato de o aluno do Curso de Música distinguir, perfeitamente, a nota emitida por um dos dois instrumentos é devido:

- a) a frequências diferentes
- b) a altura diferentes
- c) a timbres diferentes
- d) a intensidades diferentes

78. (F.M.Pouso Alegre-MG) Em relação às ondas sonoras, a afirmação correta é:

- a) Quanto mais grave é o som, maior será sua frequência
- b) Quanto maior a amplitude de um som, mais agudo ele será
- c) O timbre de um som está

relacionado com sua velocidade de propagação

d) Podemos distinguir dois sons de mesma altura e mesma intensidade emitidos por duas pessoas diferentes, porque eles possuem timbres diferentes

e) A intensidade de um som é caracterizada pela sua frequência

79. (Osec-SP) Para que se perceba o eco de um som no ar, onde a velocidade de propagação é 340 m/s, é necessário que haja uma distância de 17 m entre a fonte sonora e o anteparo onde o som é refletido. Na água, onde a velocidade de propagação do som é 1600 m/s, essa distância precisa ser de:

- a) 34 m

- b) 60 m
- c) 80 m
- d) 160 m
- e) Nenhuma das anteriores

distância da parede é de:

- a) 360 m
- b) 300 m
- c) 330 m
- d) 165 m
- e) 110 m

- a) 25 m
- b) 50 m
- c) 100 m
- d) 750 m
- e) 1500 m

80. (U.F.Uberlândia-MG) Um estudante de Física se encontra a uma certa distância de uma parede, de onde ouve o eco de suas palmas. Desejando calcular a que distância se encontra da parede, ele ajusta o ritmo de suas palmas até deixar de ouvir o eco, pois este chega ao mesmo tempo em que ele bate as suas mãos. Se o ritmo das palmas é de 30 palmas por minuto e a velocidade do som é aproximadamente 330 m/s, a sua

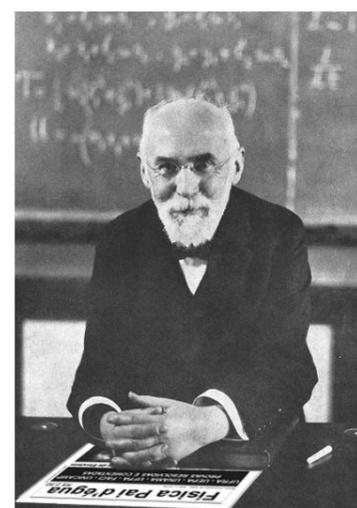
81. (PUC-SP) Para pesquisar a profundidade do oceano numa certa região, usa-se um sonar, instalado num barco em repouso. O intervalo de tempo decorrido entre a emissão do sinal (ultra-som de frequência 75000 Hz) e a resposta ao barco (eco) é de 1 s. supondo a velocidade de propagação do som na água 1500 m/s, a profundidade do oceano na região considerada é de:

82. Num festival de rock, os ouvintes próximos às caixas de som recebiam uma intensidade física sonora de 10 W/m^2 . sendo 10^{-12} W/m^2 a menor intensidade física sonora audível, determine o nível sonoro do som ouvido por elas.

83. O nível de ruído no interior de uma estação de metrô é de 100 dB. Calcule a intensidade física sonora no interior da estação. A mínima intensidade física sonora audível é $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

84. (UC-PR) Uma fonte diz-se sonora quando possui frequência entre:

- a) 20 Hz e 2 000 Hz
- b) 20 Hz e 20 000 Hz
- c) 12 Hz e 12 000 Hz
- d) 10 Hz e 10 000 Hz
- e) 20 Hz e 2 000 Hz



Todo mundo lê

85. (Odont. Santos-SP) "Silêncio é saúde." A poluição sonora nos dias de hoje é um fato incontestável. Se uma pessoa for exposta durante longo tempo a determinados níveis sonoros, além de lesões irreparáveis do aparelho auditivo, ocorrem distúrbios da personalidade. O decibel (dB) é uma unidade para a medida do nível sonoro. Num "salão de Discoteque" este valor normalmente é mais próximo de:

- a) 40 dB
- b) 120 dB
- c) 200 dB
- d) 500 dB
- e) 1 000 dB

86. (FEI-SP) Se uma pessoa, ao conversar, passa a intensidade de sua voz de 40 dB para 60 dB, quantas vezes aumenta a sua energia dispendida?

87. Uma britadeira produz sons com intensidade $I = 10^{-1} \text{ W/m}^2$. Determine o nível sonoro produzido pela máquina.

88. As ondas sonoras produzidas em um jardim sossegado têm intensidade de 10^{-7} W/m^2 . Determine o nível sonoro neste jardim.

89. O silêncio auditivo corresponde à intensidade sonora de 10^{-12} W/m^2 . Numa oficina mecânica, o nível sonoro é de 90 dB. Determine a intensidade do som ambiente nessa oficina.

90. Qual é o nível da intensidade sonora, em decibéis, de um som que tem intensidade 10^{-10} W/m^2 , considere a intensidade do limiar da percepção auditiva igual a 10^{-12} W/m^2 .

Cordas Vibrantes

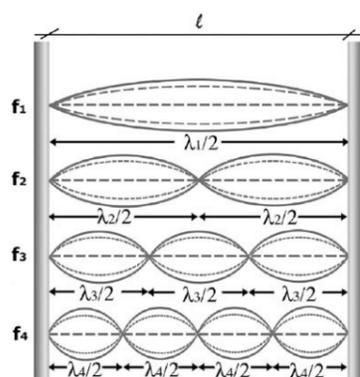
Consideremos uma corda de comprimento l , fixa pelas extremidades e esticada de modo a permanecer tensa quando submetida às forças de tração.

Percutindo-a na parte central originam-se vibrações transversais que se propagam na corda, refletindo-se nas extremidades, produzindo ondas estacionárias de velocidade v .

Estas ondas estacionárias provocam, no ar, regiões de compressão e rarefação, originando ondas sonoras. Uma corda que vibra como um todo produz sua frequência mais baixa, dita frequência fundamental, e o som correspondente é chamado fundamental.

Percutindo a corda próximo a uma extremidade, ele

vibra em dois, três ou mais segmentos, dependendo da onda estacionária que se estabelece:



1º harmônico →

$$\lambda_1 = \frac{2l}{1} \rightarrow f_1 = 1 \frac{v}{2l}$$

2º harmônico →

$$\lambda_2 = \frac{2l}{2} \rightarrow f_2 = 2 \frac{v}{2l}$$

3º harmônico →

$$\lambda_3 = \frac{2l}{3} \rightarrow f_3 = 3 \frac{v}{2l}$$

n-ésimo harmônico →

$$\lambda_n = \frac{2l}{n} \rightarrow f_n = n \frac{v}{2l}$$

frequência de vibração da corda vibrante

$$f_n = n \frac{v}{2l}$$

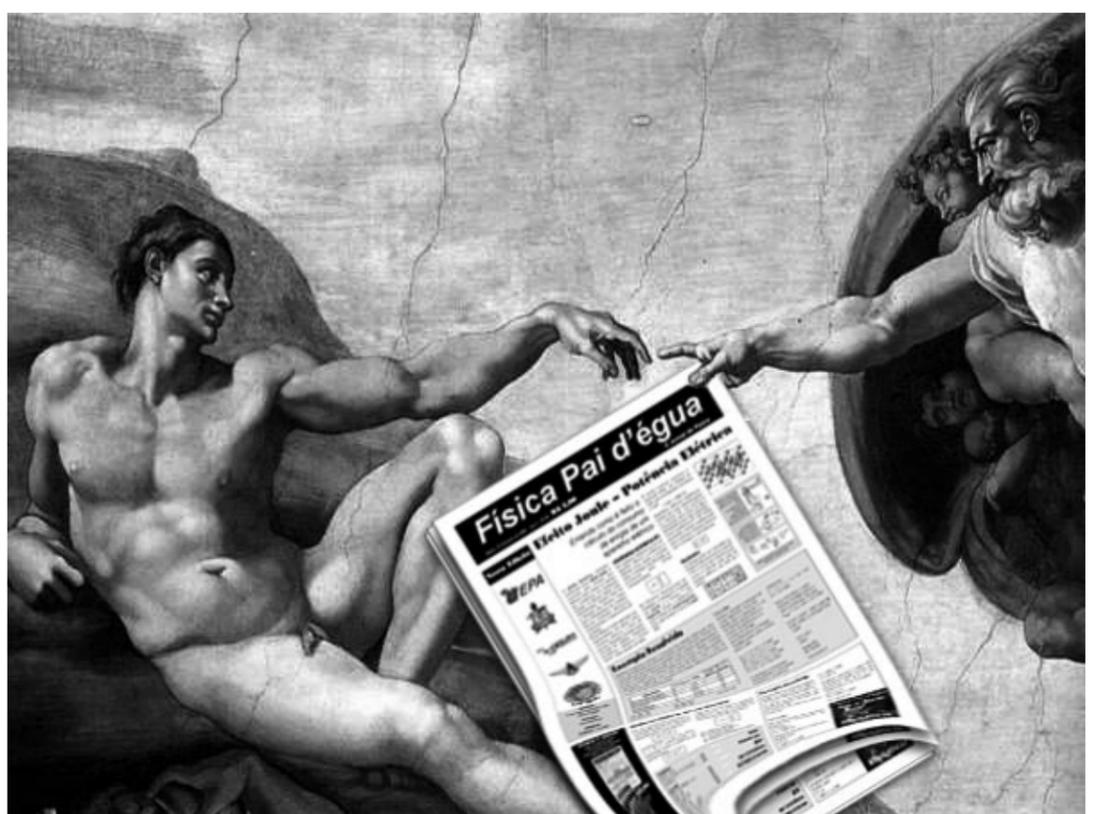
Efeito Doppler

Considere que uma fonte sonora emita um som com frequência f_F e um observador que a ouça com frequência f_O . O observador pode perceber uma alteração na frequência emitida pela fonte devido o movimento relativo entre fonte e observador. A frequência ouvida pelo observador pode ser sintetizada na

formula abaixo. O sinal positivo ou negativo é feito tomando-se como referência a figura.

- f_O → frequência ouvida pelo observador
- f_F → frequência emitida pela fonte
- v_{SOM} → velocidade do som
- v_{OBS} → velocidade do observador
- v_{FONTE} → velocidade da fonte

$$f_O = f_F \frac{(v_{SOM} \pm v_{OBS})}{(v_{SOM} \pm v_{FONTE})}$$



Todo mundo lê

Exercícios

91. Uma fonte sonora emitindo um som de 900 Hz se aproxima com a velocidade de 72 km/h de um observador que se encontra parado. Supondo que a velocidade do som no ar é 320 m/s, determine a frequência sonora ouvida pelo observador.

92. Um automóvel com velocidade constante de 108 km/h passa buzinando por um pedestre parado. A frequência do som emitido pela buzina é de 500 Hz. Sabendo que a velocidade

do som no ar é de 340 m/s, determine a frequência do som que o pedestre ouvirá ao ser ultrapassado pelo veículo.

93. A velocidade de propagação do som no ar vale 340 m/s. Calcule com que velocidade um observador deve se aproximar de uma fonte sonora cuja frequência é de 18 000 Hz, para que ele pare de ouvi-la, admitindo-se que a frequência máxima audível seja 20 000 Hz.

94. (Méd. Marília-SP) Dois trens, A e B, em trajetórias retilíneas, paralelas, movimentam-se em sentidos opostos com velocidades de 72 km/h e 54 km/h, respectivamente. O condutor do trem A, antes de encontrar o trem B, apita com frequência de 600 Hz. A frequência observada pelo condutor do trem B tem valor aproximado de (considere a velocidade do som igual a 340 m/s):

- a) 664 Hz
- b) 710 Hz
- c) 324 Hz
- d) 324 Hz
- e) Nenhuma das anteriores

95. (FVE-SP) O apito de um guarda emite um som de frequência F . Um motorista afastando-se do guarda, ouve o som do apito, numa oitava abaixo. Se a velocidade do som no ar é de 340 m/s, a velocidade do motorista é de:

- a) 130 m/s
- b) 140 m/s
- c) 150 m/s
- d) 160 m/s
- e) 170 m/s

e ouço a mesma nota com sustenido (25/24 das vibrações da nota natural). A locomotiva tem uma velocidade aproximada de ($V_{\text{som}} = 340$ m/s):

- a) 13 m/s
- b) 15 m/s
- c) 17 m/s
- d) 19 m/s
- e) 21 m/s

97. (ITA-SP) Uma corda de comprimento igual a 50 cm e massa $m = 1,0$ g está presa em ambas as extremidades sob tensão $F = 80,0$ N. Calcule a frequência fundamental de vibração da corda.

96. (FVE-SP) Uma locomotiva tem um apito que dá o Lá normal (435 vibrações completas por segundo). Vem ao meu encontro

98. Uma onda estacionária é estabelecida numa corda de 2 m de comprimento com extremos fixos. Sabendo-se que a frequência é de 8 Hz e que em todo o seu comprimento surgem 4 ventres e 5 nós, determine a frequência do som fundamental.

99. Uma corda de 2 m de comprimento e densidade linear $1,1 \times 10^{-3}$ kg/m, fixa pelas extremidades, é submetida a uma força de tração de 11 N. Determine:

- a) a frequência do som fundamental emitido
- b) a frequência do 2º harmônico emitido

100. Numa corda de comprimento 120 cm, as ondas formadas se propagam com velocidade de 90 m/s. Determine o comprimento da onda e a frequência para a vibração fundamental, o segundo e o terceiro harmônico que se estabelecem nessa corda.

101. Uma corda de 75 cm de comprimento e densidade linear $1,44 \times 10^{-4}$ g/cm está fixa nas extremidades. Ela emite o som fundamental quando submetida a uma força de tração 10 N.

- a) Determine a frequência do som fundamental
- b) Calcule o fator pelo qual se deve multiplicar a inten-

sidade da força de tração para que a frequência do novo som fundamental seja igual a do segundo harmônico

102. (U.F.Uberlândia-MG) Uma corda de comprimento $L = 2,0$ m tem as duas extremidades fixas. Procura-se estabelecer um sistema de ondas estacionárias com frequência igual a 120 Hz, obtendo-se o terceiro harmônico. Determine:

- a) o comprimento de onda
- b) a velocidade de propagação
- c) a distância entre um nó e um ventre consecutivo

103. (Fuvest-SP) Considere uma corda de violão com 50 cm de comprimento que está afinada para vibrar com uma frequência fundamental de 500 Hz.

- a) Qual a velocidade de propagação da onda nessa corda?
- b) Se o comprimento da corda for reduzido à metade, qual a nova frequência do som emitido?

104. (UFPR) Uma onda estacionária, de frequência igual a 24 Hz, é estabelecida sobre uma corda vibrante fixa nos extremos. Sabendo-se que a frequência imediatamente superior a essa, que pode ser estabelecida na mesma corda, é de 30 Hz, qual é a frequência fundamental da corda?

105. (U.F.Viçosa-MG) A corda ré de um violão tem a densidade linear de 0,60 g/m e está fixa entre o cavalete e o extremo do braço, separados por uma distância de 85 cm. Sendo 294 Hz a frequência da vibração fundamental da corda, calcule:

- a) a velocidade de propagação da onda transversal na corda
- b) a tração na corda.

106. (UFRS) Duas cordas de violão foram afinadas de modo a emitirem a mesma nota musical. Golpeando-se uma delas, observa-se que a outra também oscila, embora com menor intensidade. Esse fenômeno é conhecido por:

- a) batimento
- b) interferência
- c) polarização
- d) ressonância
- e) amortecimento

107. (UFRJ) Uma corda de cavaquinho tem 30 cm de comprimento. Sabendo-se que a velocidade de propagação de uma onda nessa mesma corda é de 360 m/s, pode-se afirmar que a frequência do som fundamental que essa corda pode emitir, em Hz, é:

- a) 12,0
- b) 108
- c) 216
- d) 300
- e) 600

108. (ITA-SP) Uma corda de comprimento $L = 50,0$ cm e massa $m = 1,00$ g está presa em ambas as extremidades sob tensão $F = 80,0$ N. Nessas condições, a frequência fundamental de vibração dessa corda é:

- a) 400 Hz
- b) 320 Hz
- c) 200 Hz
- d) 100 Hz
- e) nenhuma das anteriores

109. (UFMG) Uma corda esticada produz um som de frequência fundamental 1000 Hz. Para que a mesma corda produza um som de frequência fundamental 2000 Hz, a tensão da corda deve ser:

- a) quadruplicada
- b) dobrada
- c) multiplicada por $\sqrt{2}$
- d) reduzida à metade
- e) reduzida a um quarto

110. Uma corda sonora emite o quarto harmônico de frequência 900 Hz. Sendo o comprimento da corda 1 m, calcule a velocidade da onda na corda.

111. (Mack-SP) Uma corda vibrante homogênea, de comprimento 1,6 m e massa 40 g, emite o som fundamental quando está submetida a uma tração de 160 N. A frequência do 3º harmônico desse som fundamental é:

- a) 200 Hz
- b) 150 Hz
- c) 125 Hz
- d) 100 Hz
- e) 75 Hz

112. (EM-RJ) Uma corda, fixa nos dois extremos, possui massa igual a 20 g e densidade linear de 4×10^{-2} kg/m. Sabendo-se que vibra em ressonância com um diapasão que oscila na frequência de 400 Hz e que a onda estacionária que a percorre possui ao todo cinco nós, a força que traciona a corda tem intensidade de:

- a) 256 N
- b) 400 N
- c) 800 N
- d) 160 N
- e) 200 N

A luz

É uma onda eletromagnética. É formada por oscilações de ondas elétricas e magnéticas.

Sua velocidade é representada pela letra "c" e vale:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

O Som

É uma onda mecânica e longitudinal que vibra com frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz. Sua velocidade vale:

$$v = 340 \text{ m/s}$$

Quando ocorre um relampago. Primeiro vemos o raio para só depois ouvirmos o trovão. Isso ocorre porque a velocidade da luz é muito maior que a velocidade do som. É cerca de um milhão de vezes maior.



O português não conseguia decorar a tabuada do oito. Tio Manuel deu uma dica:
- Ora rapaz, quando cair 8 x 5, por exemplo, você muda para 5 x 8. Se for 8 x 6, muda para 6 x 8 e assim por diante.

O garoto ficou feliz. Quando voltou da escola, seu tio lhe perguntou:
- E aí, como foi? Ele, desapontado:
- Tio, caiu 8 x 8!

Elena falou pro marido:
- Élio! Esse dicionário que você me deu não presta. Faltam as palavras erói, omem e ierarquia.

O cara pegou um táxi e começou a estranhar porque o motorista não falava nada durante o percurso. E a maioria dos taxistas adora puxar conversa com o passageiro. Aí o passageiro não agüentou mais e cutucou no ombro do motorista. Quando ele fez aquilo, o motorista se assustou e quase bateu num poste. O passageiro comenta:
- Calma, moço... Não precisa tomar esse susto só porque

eu toquei no seu ombro!
- Desculpe, senhor... É que hoje é o meu primeiro dia como taxista.
- E o que o senhor fazia antes?
- Até ontem eu era motorista de carro funerário!

No funeral do Severino, que foi peão de obra, um sujeito desconhecido da família, chora copiosamente. A viúva se aproxima dele e pergunta, soluçando:
- Você era amigo do Severino?
- sim... Trabalhávamos juntos. As últimas palavras dele foram para mim...
- contou o sujeito, entre soluços.
- Nossa... Snif... O que foi que ele disse:
- Juca, não mexe no andaimeeeeeee!

Maluf vai visitar o Papa e, no final da audiência, sua Santidade coloca a mão no bolso da batina e diz:
- Espere, meu filho. Eu vou lhe dar um terço...
- Nada feito! Só aceito se for a metade!

O garoto era uma nata, mas a mãe estava convicta de que, com incentivo, ele poderia estudar bastante e superar suas deficiências na escola. Foi assim que ela resolveu estimulá-lo com presentes, caso fosse aprovado nas provas. A primeira era de Geografia e valia um videogame! O Garoto se matou de estudar uma semana, dia e noite. Na véspera da prova, satisfeita, a mãe pergunta:
- Então, querido? Estudou a matéria?
- Claro mãe! Foi só o que eu fiz!
- Que lindo! - Disse a mãe, pegando o livro - então me diga, meu amor, onde fica a Austrália?
E o filho, rapidinho e cheio de moral:
- Fica na página 43!!!!

Aquela paciente chata e hipocondríaca se queixa ao doutor Pedro:
- Aí, doutor... Sempre que ando do supermercado até minha casa, eu fico exausta. Não sei mais o que fazer. O que o senhor me aconselha a tomar, doutor?
- Um táxi, dona Regina!

Frases

"Acontece em abril (...). Os boletins meteorológicos não se lembram de anunciá-lo em linguagem especial. (...) Discretos, silenciosos, chegaram os dias lindos. E aboliram, sem providência drástica, o estatuto do calor."

Carlos Drummond de Andrade (1902-1987), poeta mineiro.

"O paraíso é o lugar onde estou."
François Marie Arouet, o **Voltaire** (1694-1778), filósofo francês.

"Não possuir uma coisa que desejamos é parte indispensável da felicidade."
Bertrand Russell (1872-1970), filósofo inglês.

"O mundo não acontece. Ele simplesmente é."
Hermann Weyl (1885-1955), Matemático alemão.

"Nunca se percebe o que já foi feito; a gente só nota o que ainda está por fazer."

Marie Curie (1867-1934), Cientista francesa.

"O pensamento é apenas um lampejo entre duas longas noites, mas esse lampejo é tudo."

Henri Poincaré (1854-1912), Matemático e filósofo da Ciência. Francês.

Os Autores



Homer J. Simpson

Nascido e criado em Springfield. Filho de Abraham J. Simpson e de Mona Simpson. Casado com Marjorie Bouvier e pai de três crianças Bartholomew Jojo Simpson, Lisa Simpson e Margaret Simpson. É Inspetor de Segurança na Central Nuclear de Springfield. Já teve outros empregos: Astronauta, webmaster, professor, piloto de avião, designer de carros...



Orival R. de Medeiros

Professor de Física, formado pela UFPa. Atualmente trabalha nos colégios Instituto de Educação Estadual do Pará, Rui Barbosa e Leonardo da Vinci. Nascido em Carolina-MA. Outros empregos: secretário em escola de natação, vendedor de sucata, professor de informática, vendedor de picolé, vendedor de bombons, pintor, eletricitista, webmaster, designer de livros...