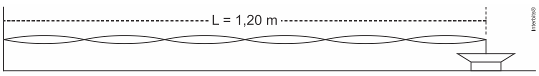
ONDAS ESTACIONÁRIAS

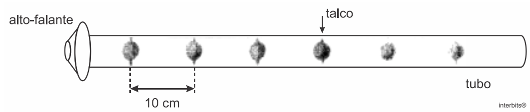
1. (UFPR 2017) Num estudo sobre ondas estacionárias, foi feita uma montagem na qual uma fina corda teve uma das suas extremidades presa numa parede e a outra num alto-falante. Verificou-se que o comprimento da corda, desde a parede até o alto-falante, era de 1,20 m. O alto-falante foi conectado a um 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.
b. A velocidade de propagação da onda na corda.

2. (UFU 2016) Uma montagem experimental foi construída a fim de se determinar a frequência do som emitido por um alto-falante. Para isso, tomou-se um recipiente cilíndrico, dentro do qual foi espalhado talco, e colocou-se, em uma de suas extremidades, o alto-falante, o qual emitia um som de frequência constante. No interior do recipiente formaram-se regiões onde o talco se acumulou, segundo o padrão representado pelo esquema a seguir.



A partir da situação experimental descrita, responda:

a. Do ponto de vista físico, explique por que há a formação de regiões onde o talco se acumula.
b. Considerando que a velocidade do som no ar é de 340 m/s, qual é o valor da frequência do som emitido pelo alto-falante?

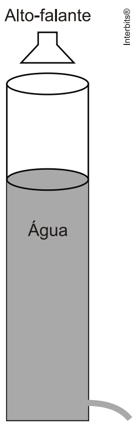
3. (UFPR 2013) Um instrumento musical de cordas possui cordas metálicas de comprimento L. Uma das cordas possui diâmetro d, densidade ρ e, quando sujeita a uma tensão T, vibra com uma frequência fundamental de 420 Hz. Suponha que um músico troque essa corda por outra de mesmo material e comprimento, mas com a metade do diâmetro da corda original. Considere que as cordas estão fixas nas suas extremidades. Faça o que se pede, justificando suas respostas.

a. Encontre a expressão para a velocidade de propagação da onda na corda em função das grandezas T, d e ρ.
b. Determine a velocidade da onda na nova corda, quando sujeita a uma tensão quatro vezes superior à primeira, em

função da velocidade na corda original.

c. Calcule a frequência fundamental nessa nova situação.

4. (UFG 2013) Com o objetivo de determinar a frequência de uma nota musical emitida por um tenor, um estudante monta um equipamento constituído basicamente por um tubo vertical, um alto-falante e um cronômetro. O tubo, contendo água, possui 20 cm de diâmetro e a extremidade superior é aberta, onde será posicionado o alto-falante para reproduzir a nota do tenor, conforme ilustrado na figura. Na sua parte inferior, um furo permite que a água saia a uma taxa de aproximadamente 3 litros por segundo.



À medida que a água é liberada e seu nível dentro do tubo é reduzido, a intensidade do som dentro do tubo varia de forma a atingir valores máximos com intervalos a cada 4 segundos. Considerando-se que a velocidade do som no ar é de 340 m/s e que o tenor emitiu esta nota na mesma intensidade por alguns minutos, calcule:

a. A velocidade de descida do nível de água no tubo (considere $\pi = 3$).

b. A frequência da nota musical emitida pelo tenor.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Dados:

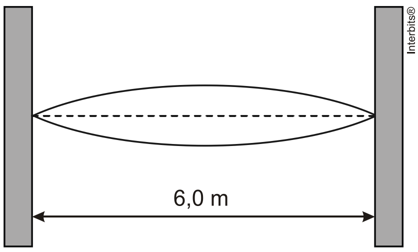
Aceleração da gravidade: 10 m/s^2

Densidade do mercúrio: 13,6 g/cm^3

Pressão atmosférica: 1,0.10^5 N/m^2.

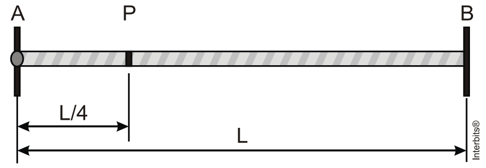
Constante eletrostática: $k_0 = 1/4\ \pi\varepsilon_0 = 9{,}0.10^9$N.m^2/C^2.

5. (UFPE 2012) Uma onda estacionária se forma em um fio fixado por seus extremos entre duas paredes, como mostrado na figura. Calcule o comprimento de onda desta onda estacionária, em metros.

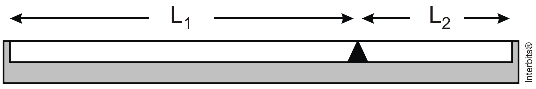


6. (UFPE 2011) A figura mostra uma corda AB, de comprimento L, de um instrumento musical com ambas as extremidades fixas. Mantendo-se a corda presa no ponto P, a uma distância L/4 da extremidade A, a frequência fundamental

da onda transversal produzida no trecho AP é igual a 294 Hz. Para obter um som mais grave o instrumentista golpeia a corda no trecho maior PB. Qual é a frequência fundamental da onda neste caso, em Hz?



7. (UNB 2011) As notas musicais, elementos básicos da música, são tipicamente caracterizadas por sua frequência. A música ocidental é embasada em escalas que são compostas por um conjunto de notas representadas por razões bem definidas entre frequências. Em um instrumento como o berimbau, além do arame e de uma pedra que funciona como suporte móvel, há uma cabaça que, por possuir propriedades elásticas especiais, converte com maior eficiência a energia de vibração da corda em energia sonora e passa a funcionar como caixa de ressonância. A pedra divide o arame em duas partes de comprimentos L_1 e L_2, como representado na figura abaixo.



Para uma tensão fixa da corda, seus modos de vibração são definidos por comprimentos de onda dados por $\lambda = 2L/n$, para n inteiro, em que L é o comprimento da corda. A partir do modo fundamental n = 1 e usando-se a razão entre frequências, as escalas podem ser montadas.

Apesar de a frequência característica de uma nota ter padrão muito bem definido e organizado, frequências puras não são usualmente encontradas em instrumentos musicais reais. No som de determinado instrumento, sempre estão presentes componentes caóticas de frequência, com amplitude geralmente menor, que se sobrepõem à frequência fundamental, alterando-a. Tal efeito afeta o timbre do instrumento. A partir dessas informações, julgue os próximos itens.

a. No funcionamento de um berimbau, ocorrem ondas longitudinais e transversais, desde o momento de excitação da corda até o da propagação do som.

b. Do som mais agudo ao som mais grave emitidos por um instrumento musical, as ondas sonoras sofrem aumento progressivo de frequência.

c. Quando a corda do berimbau vibra, dois fenômenos ondulatórios contribuem para a formação das chamadas ondas estacionárias: a reflexão e a interferência.

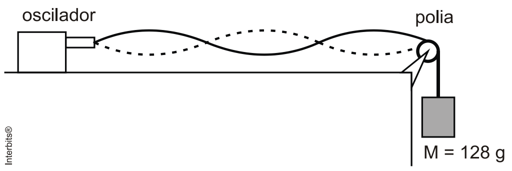
d. Se forem utilizados vários berimbaus com cordas de mesmo comprimento, sendo todas submetidas à mesma tensão e com a pedra na mesma posição, o berimbau que tem a corda de maior densidade linear de massa emitirá sons mais graves.

e. Ao contrário do que ocorre com as ondas eletromagnéticas, a onda mecânica transversal criada em um instrumento de corda não sofre refração.

f. O quarto harmônico de uma onda a. estacionária gerada em um berimbau tem o dobro de ventres e nós que o segundo harmônico gerado no mesmo instrumento, além de ter comprimento de onda quatro vezes maior que o primeiro harmônico.

8. (UFPE 2011) A figura mostra uma montagem onde um oscilador gera uma onda estacionaria que se forma em um fio. A massa de um pedaço de 100 m deste fio e 20 g.

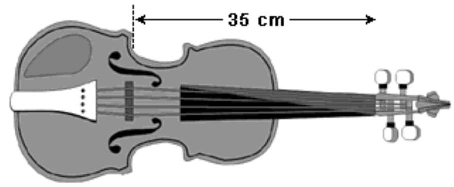
Qual a velocidade de propagação das ondas que formam a onda estacionaria, em m/s?



9. (ITA 2011) O tubo mais curto de um órgão típico de tubos tem um comprimento de aproximadamente 7 cm. Qual é o harmônico mais alto na faixa audível, considerada como estando entre 20 Hz e 20.000 Hz, de um tubo deste comprimento aberto nas duas extremidades?

10. (UFMG 2008) Bruna afina a corda mi de seu violino, para que ela vibre com uma frequência mínima de 680 Hz.

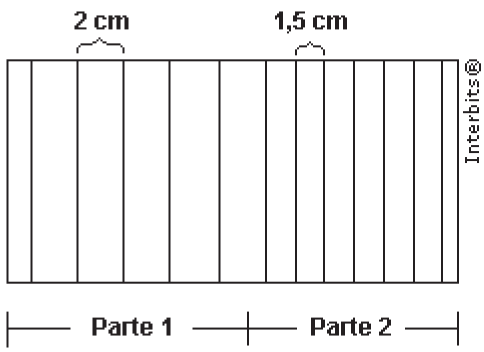
A parte vibrante das cordas do violino de Bruna mede 35 cm de comprimento, como mostrado nesta figura:



Considerando essas informações,

a. CALCULE a velocidade de propagação de uma onda na corda mi desse violino.
b. Considere que a corda mi esteja vibrando com uma frequência de 680 Hz. DETERMINE o comprimento de onda, no ar, da onda sonora produzida por essa corda.
Velocidade do som no ar = 340 m/s

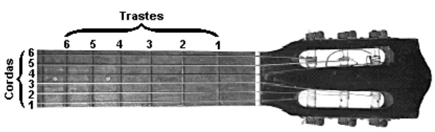
11. (UFRRJ 2007) A ilustração a seguir reproduz a figura formada por uma onda estacionária, produzida na superfície da água colocada em uma cuba. A cuba foi construída de modo que a profundidade em uma parte é diferente da profundidade na outra parte.



a. Qual a razão f_1/f_2 entre a frequência f_1 da onda na parte 1 da cuba e a frequência f_2 da onda na parte 2?

b. Com base nas informações contidas na figura, determine a razão V_1/V_2 entre as velocidades de propagação da onda v_1 (na parte 1) e v_2 (na parte 2).

12. (UFRN 2005) Afinar a corda de um instrumento musical é ajustar a tensão dessa corda até que a frequência de seu modo fundamental de vibração coincida com uma frequência predeterminada. Uma forma usual de se afinar um violão consiste em afinar uma das últimas cordas (valendo-se de memória musical ou da comparação com algum som padrão, obtido por meio de um diapasão, piano, flauta etc.) e usar tal corda para afinar as outras que ficam abaixo dela. (A figura seguinte ilustra em detalhe o braço de um violão).



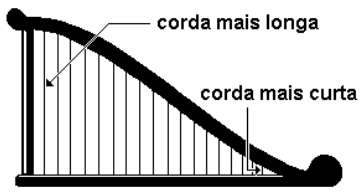
Flavita, acostumada a afinar seu violão, afina inicialmente a corda número 5. Assim, para afinar a corda número 4, ela pressiona a corda 5 entre o quarto e o quinto traste, percute-a, observa se a corda 4 vibra e o quão intensamente vibra em consequência desse procedimento. Flavita vai ajustando a tensão na corda 4 e repetindo tal procedimento até que ela vibre com a maior amplitude possível. Quando isso ocorre, essa corda está afinada.

Com base no que foi exposto no enunciado, atenda às solicitações seguintes.

a. Dê o nome do fenômeno físico que fundamenta esse processo de afinação do violão.

b. Com base em seus conhecimentos de acústica, explique como esse fenômeno ocorre no processo de afinação do violão.

13. (UFRJ 1998) Um artesão constrói um instrumento musical rústico usando cordas presas a dois travessões. As cordas são todas de mesmo material, de mesmo diâmetro e submetidas à mesma tensão, de modo que a velocidade com que nelas se propagam ondas transversais seja a mesma. Para que o instrumento possa emitir as diversas notas musicais, ele utiliza cordas de comprimentos diferentes, como mostra a figura.



Uma vez afinado o instrumento, suponha que cada corda vibre em sua frequência fundamental.

Que corda emite o som mais grave, a mais longa ou a mais curta? Justifique sua resposta.

14. (UNESP 1990) Uma corda de violão, de comprimento L e massa por unidade de comprimento igual a μ, tensionada pela força F, quando excitada pode produzir frequências de vibração dadas por $f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ com n=1, 2, 3, 4, ... A velocidade de propagação da onda sobre a corda é $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

a. Obtenha uma expressão que relacione os possíveis comprimentos de onda com o número n.

b. Desenhe os 4 primeiros modos de vibração para a corda.

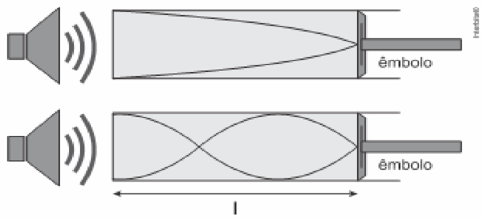
15. (UFC 1996) Considere dois tubos sonoros, um aberto e outro fechado, ambos do mesmo comprimento e situados no mesmo ambiente. Se o som de frequência fundamental emitido pelo tubo aberto tem comprimento de onda de 34 cm, qual o comprimento de onda, em centímetros do som de frequência fundamental emitido pelo tubo fechado?

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Na resolução, use quando necessário:

$g = 10\ m/s^2$, $\pi = 3{,}14$, $c = 3{,}0 \times 10^8\ m/s$

16. (UFJF-PISM 3 2018) Em um determinado experimento sobre ondas estacionárias emprega-se um longo tubo oco de vidro, um alto-falante, cuja frequência do som pode ser sintonizada, e um êmbolo móvel. Uma onda sonora produzida na extremidade aberta do tubo propaga-se por ele até atingir a extremidade oposta, onde é refletida de volta na parede do êmbolo. Ao retornar, a onda refletida interfere com a onda incidente e então, dependendo da frequência do som produzido, forma-se um modo de vibração harmônico. No interior do tubo sonoro, se desprezarmos o que ocorre nas extremidades, a amplitude do deslocamento de ar da onda sonora estacionária pode ser representada pela figura.



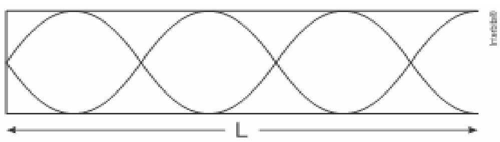
Aparecem regiões de amplitude máxima (os ventres) intercalados por regiões de amplitude mínima (os nós). Devido às condições desse experimento, para um tubo de comprimento l, com uma extremidade aberta e a outra fechada, as frequências de ressonância, ou frequências das ondas estacionárias observadas, correspondem aos comprimentos de onda dados por:

$\lambda_m = \frac{4\ell}{m}$ (com m = 1, 3, 5 etc.).

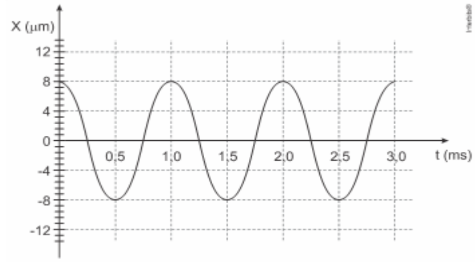
Considere que a velocidade de som no ar seja v = 340 m/s.

a. Considerando que o tubo descrito acima tem 125 cm de comprimento, calcule a frequência fundamental da onda estacionária gerada dentro dele.

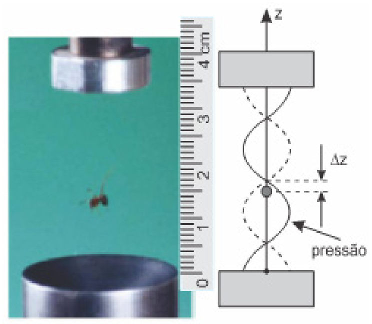
b. Para outro experimento, agora num tubo de comprimento L, observa-se a onda estacionária da figura abaixo.



O valor do deslocamento das moléculas de ar na posição de um dos ventres dentro do tubo pode ser representado pelo gráfico abaixo. Nesta situação, determine o comprimento do tubo utilizado nesta experiência.



17. (UNICAMP 2019) A levitação acústica consiste no emprego de ondas acústicas para exercer força sobre objetos e com isso mantê-los suspensos no ar, como a formiga representada na figura A, ou movimentá-los de forma controlada. Uma das técnicas utilizadas baseia-se na formação de ondas acústicas estacionárias entre duas placas, como ilustra a figura B, que mostra a amplitude da pressão em função da posição vertical.



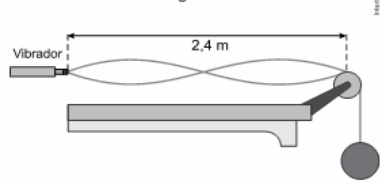
(A) (B)

a. As frequências de ressonância acústica entre duas placas, ou num tubo fechado nas duas extremidades, são dadas por $f_n = \frac{nv}{2L}$, sendo L a distância entre as placas, v = 340 m/s a velocidade do som no ar, e um número inteiro positivo e não nulo que designa o modo. Qual é a frequência do modo ilustrado na figura B?

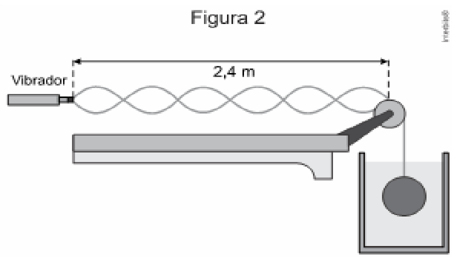
b. A força acústica aplicada numa pequena esfera aponta sempre na direção z e no sentido do nó de pressão mais próximo. Nas proximidades de cada nó, a força acústica pode ser aproximada por $F_{ac} = -k\,\Delta Z$, sendo k uma constante e $\Delta Z = z - z_{nó}$. Ou seja, a força aponta para cima (positiva) quando a esfera está abaixo do nó (ΔZ negativo), e vice-versa. Se $k = 6{,}0 \times 10^{-2}$ N/m e uma esfera de massa $m = 1{,}5 \times 10^{-6}$ kg é solta a partir do repouso na posição de um nó, qual será a menor distância percorrida pela esfera até que ela volte a ficar instantaneamente em repouso? Despreze o atrito viscoso da esfera com o ar.

18. (UNESP 2019) Uma corda elástica, de densidade linear constante μ = 0,125 kg/m, tem uma de suas extremidades presa a um vibrador que oscila com frequência constante. Essa corda passa por uma polia, cujo ponto superior do sulco alinha-se horizontalmente com o vibrador, e, na outra extremidade, suspende uma esfera de massa 1,8 kg, em repouso. A configuração da oscilação da corda é mostrada pela figura 1.

Figura 1



Em seguida, mantendo-se a mesma frequência de oscilação constante no vibrador, a esfera é totalmente imersa em um recipiente contendo água, e a configuração da oscilação na corda se altera, conforme figura 2.



Adotando g = 10 m/s^2 e sabendo que a velocidade de propagação de uma onda em uma corda de densidade linear μ submetida a uma tração T, é dada por $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, calcule:

a. A frequência de oscilação, em Hz, do vibrador.

b. A intensidade do empuxo, em N, exercido pela água sobre a esfera, na situação da figura 2.

ANOTAÇÕES

GABARITO

1. a) Comprimento de onda λ:

O comprimento de onda na corda é obtido através da contagem de cada onda completa na figura relacionando com o comprimento total da corda.

$$\lambda = \frac{1{,}20\ m}{3} \therefore \lambda = 0{,}40\ m$$

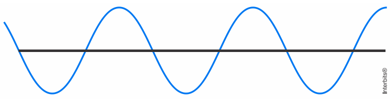
b) Velocidade de propagação da onda na corda:

$$v=\lambda \cdot f \Rightarrow v = 0{,}40\ m \cdot 6\ Hz \therefore v = 2{,}4\ m/s$$

2. a) O som é uma onda mecânica que ao se propagar dentro do tubo de ar com uma das extremidades fechada resulta na formação de ondas estacionárias, onde o talco se acumulará nas regiões dos nós, uma vez que não há deslocamento de matéria nesses pontos.

b) Conforme podemos observar na figura abaixo, a distância de dois nós consecutivos irão nos fornecer o comprimento de onda $\lambda = 2.0{,}1 \rightarrow \lambda = 0{,}2\,m$

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{340}{0{,}2} \Rightarrow f = 1.700\ Hz$$



3. a) Sendo T a força tensora, a equação de Taylor nos dá que a velocidade de propagação das ondas numa corda é:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}.\quad (I)$$

Supondo que ρ seja a densidade volumétrica da corda, sendo μ a sua densidade linear, tiremos a relação entre as duas:

$$\left\{\begin{array}{l} \mu = \dfrac{m}{L} \\ \rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{m}{\dfrac{\pi\ d^2}{4}\ L} = \dfrac{4\ m}{\pi\ d^2\ L} \end{array}\right\rangle \div \Rightarrow \frac{\mu}{\rho} = \frac{\cancel{m}}{\cancel{L}} \times \frac{\pi\ d^2\ \cancel{L}}{4\ \cancel{m}} \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{\rho\ \pi\ d^2}{4}.\quad (II)$$

Substituindo (II) em (I):

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{T}{\dfrac{\rho\ \pi\ d^2}{4}}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4T}{\rho\ \pi\ d^2}} \Rightarrow$$

$$v = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{T}{\pi\ \rho}}.$$

b) Dados: d' = d/2 e T' = 4 T.

Da expressão final do item anterior:

$$\left\{\begin{array}{l} v = \dfrac{2}{d}\sqrt{\dfrac{T}{\pi\ \rho}}. \\ v' = \dfrac{2}{d'}\sqrt{\dfrac{T'}{\pi\ \rho}} \Rightarrow v' = \dfrac{2}{d/2}\sqrt{\dfrac{4\ T}{\pi\ \rho}} \Rightarrow v' = \dfrac{2 \cdot 2 \cdot 2}{d}\sqrt{\dfrac{T}{\pi\ \rho}} \end{array}\right.$$

$$\Rightarrow v' = 4\left(\frac{2}{d}\sqrt{\frac{T}{\pi\ \rho}}\right). \Bigg\rangle \Rightarrow v' = 4\ v.$$

c) Dado: f_1 = 420 Hz.

Para o som fundamental:

$$\left\{\begin{array}{l} f_1 = \dfrac{v}{2\ L} \\ f_1' = \dfrac{v'}{2\ L} = \dfrac{4\ v}{2\ L} = 4\left(\dfrac{v}{2\ L}\right) \end{array}\right\rangle \Rightarrow f_1' = 4\ f_1 = 4(420) \Rightarrow$$

$$f_1' = 1.640\ Hz.$$

4. a) Dados → vazão: Q = 3 L/s = 3 dm³/s; diâmetro: D = 20 cm = 2 dm; π = 3

A expressão da vazão (volume/tempo) é:

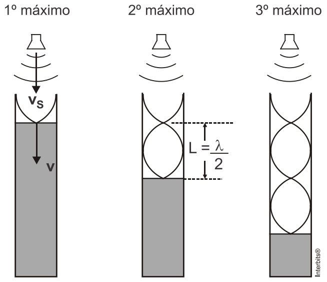
$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A\ \Delta h}{\Delta t} \Rightarrow Q = A\ v \Rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi\ \dfrac{D^2}{4}} \Rightarrow$$

$$v = \frac{4\ Q}{\pi\ D^2} = \frac{4 \cdot 3}{3 \cdot 2^2} \Rightarrow v = 1\ dm/s \Rightarrow$$

$$v = 0{,}1\ m/s.$$

b) Dados → velocidade do som: v_S = 340 m/s; Intervalo entre máximos: T = 4 s.

A boca do tubo forma uma extremidade aberta e o nível da água, uma extremidade fechada. Portanto, para as sucessivas ondas estacionárias que se formam à medida que a água escoa, temos um ventre na boca do tubo e um nó na superfície, conforme ilustra a figura.



Analisando a figura:

$$L = vT \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = vT \Rightarrow \lambda = 2vT \Rightarrow \lambda = 2 \cdot 0{,}1 \cdot 4 \Rightarrow \lambda = 0{,}8m.$$

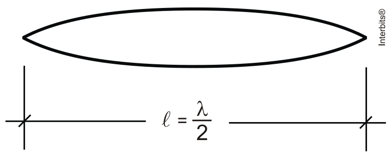
Para o som:

$$v_S = \lambda_f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0{,}8} \Rightarrow f = 425 \text{ Hz}.$$

5. Na figura, verificamos a formação de um fuso de uma onda estacionária em um fio. A onda se completa com dois fusos, ou seja:

$$\frac{\lambda}{2} = 6 \to \lambda = 12 \text{ m}.$$

6. A figura mostra o modo fundamental de vibração de uma corda.



$$V = \lambda f = 2\ell f \to f = \frac{V}{2\ell}$$

Como sabemos:

$$\frac{f_{AP}}{f_{PB}} = \frac{\frac{V}{2L/4}}{\frac{V}{6L/4}} = \frac{\frac{4V}{2L}}{\frac{4V}{6L}} = 3 \to \frac{294}{f_{PB}} = 3 \to f_{PB} = \frac{294}{3} = 98\text{Hz}$$

7. a) Correta. A vibração da corda é uma onda transversal e o som é uma onda longitudinal.

b) Incorreta. Exatamente o contrário: do som mais agudo ao som mais grave emitidos por um instrumento musical, as ondas sonoras sofrem diminuição progressiva de frequência.

c) Correta. A onda estacionária resulta da interferência da onda incidente e da onda refletida.

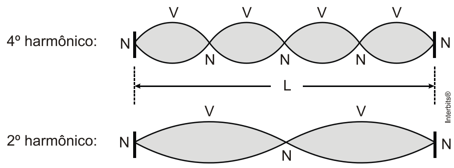
d) Correta. Sendo μ a densidade linear da corda, F a intensidade da força tensora, v a velocidade de propagação, temos:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \lambda f \\ v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \end{array} \right\rangle \Rightarrow \lambda f = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{\mu}}.$$

Essa expressão nos mostra que, quanto maior a densidade linear, menor a frequência e mais grave é o som emitido.

e) Incorreta. Tanto ondas eletromagnéticas como mecânicas, longitudinais ou transversais podem sofrer reflexão.

f) Incorreta. De acordo com a figura, para o quarto harmônico temos 5 nós e 4 ventres e para o segundo, 3 nós e dois ventres. Somente o número de ventre é o dobro. Quanto ao comprimento de onda, o do quarto harmônico é quatro vezes menor que o do primeiro.



8. Dados: L = 100 m; m = 20 g = 2.10^{-2} kg; M = 128; g = 128.10^{-3} kg; g = 10 m/s^2.

A densidade linear da corda é:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{2 \times 10^{-2}}{100} = 2 \times 10^{-4} \text{ g/m}.$$

A força tensora na corda tem a mesma intensidade do peso do corpo suspenso.

$$F = Mg = 128 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow F = 128 \times 10^{-2} \text{ N}.$$

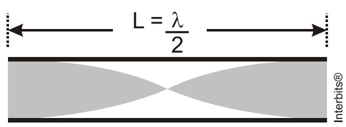
A velocidade de propagação das ondas é dada pela equação de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{128 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-4}}} = \sqrt{64 \times 10^{2}} \Rightarrow$$

$$v = 80 \text{ m/s}.$$

9. Dados: L = 7 cm = 0,07 m; $f_{máx}$ = 20.000 Hz; $f_{mín}$ = 20 Hz; v = 340 m/s.

A figura mostra a configuração para o primeiro harmônico (n = 1) de um tubo aberto.



1º harmônico

O comprimento do tubo é igual a meio comprimento de onda.

$$\frac{\lambda_1}{2} = L \Rightarrow \lambda_1 = 2 \text{ L}.$$

A frequência do primeiro harmônico é:

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2\,L} = \frac{340}{2(0{,}07)} \quad \Rightarrow \quad f_1 = \frac{17.000}{7}\ \text{Hz}$$

A frequência do n-ésimo harmônico é: $f_n = n\,f_1$.

Os harmônicos audíveis têm frequência menor que 20.000 Hz. Então:

$n\,f_1 < 20.000 \Rightarrow$

$$n\,\frac{17.\cancel{000}}{7} < 20.\cancel{000} \quad \Rightarrow \quad n < \frac{140}{17}$$

$\Rightarrow \quad n < 8{,}24.$

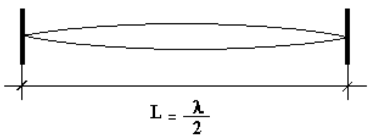
Como n deve ser um número inteiro: n < 8.

Assim, são audíveis os harmônicos do primeiro ao oitavo.

Portanto, o harmônico audível mais alto é o oitavo, cuja frequência é:

$f_8 = 8 f_1 = 8\ (17.000/7) \Rightarrow f_8 \cong 19.428$ Hz.

10. A figura abaixo mostra o modo fundamental de vibração de uma corda



a) $L = \frac{\lambda}{2} \to \lambda = 2L = 70\text{cm} = 0{,}7\text{m}$

Como sabemos:

$V = \lambda f \to V = 0{,}7 \times 680 = 476\text{m/s}$

b) A frequência do som emitido é a mesma de vibração da corda.

$V = \lambda f \to 340 = \lambda \times 680 \to \lambda = 0{,}5\text{m} = 50\text{cm}$

11. a) A frequência será a mesma nas duas partes. Logo, temos $\frac{f_1}{f_2} = 1$.

b) $v_1 = \lambda_1 f_1$ e $v_2 = \lambda_2 f_2$. Dividindo, obtemos $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 f_1}{\lambda_2 f_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.

A partir da figura do enunciado, vemos que λ_1=2cm e λ_2=1,5cm, de modo que $\frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{1{,}5} = \frac{4}{3}$.

12. a) RESSONÂNCIA

b) I - Todo corpo tem suas frequências naturais de vibração (modos de vibração).

II - Quando o corpo é submetido a estímulos externos periódicos com frequência igual a uma de suas frequências naturais, o corpo oscilará com maior amplitude, quando se diz que o mesmo está em ressonância.

III - No caso, Flavita ajustava a tensão na corda 4 para deixá-la com as mesmas frequências naturais das da corda 5, pressionada entre o 4º e o 5º traste.

13. Som mais grave possui a menor frequência.

- frequência numa corda sonora: $f = nv/2\ell$

onde ℓ = comprimento da corda.

- para a frequência fundamental; n=1; f= 1/2. v/ℓ

- logo f é inversamente proporcional a ℓ.

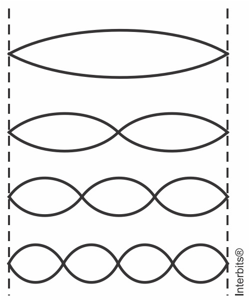
Assim f será mínima quando ℓ for máximo.

portanto, A corda de MAIOR comprimento emite o som MAIS GRAVE.

14. a) Quando uma corda fixa nas duas extremidades vibra no n-ésimo harmônico, formam-se nela n fusos. Sendo o comprimento de um fuso igual a meio comprimento de onda (λ), temos:

$$n\frac{\lambda}{2} = L \quad \Rightarrow \quad \boxed{\lambda = \frac{2\,L}{n}.}$$

b) Observe a figura a seguir:



15. Dado: λ_A = 34 cm.

Para dois tubos de mesmo comprimento, um aberto e outro fechado, os comprimentos de onda do são fundamental são:

$$\begin{cases} \lambda_A = 2\ L \\ \lambda_F = 4\ L \end{cases} \Rightarrow \lambda_F = 2\ \lambda_A \quad \Rightarrow \quad \lambda_F = 2(34) \quad \Rightarrow$$

$\lambda_F = 68$ cm.

16. a) Considerando o primeiro tubo, o comprimento de onda da frequência fundamental apresentada corresponde ao quádruplo do comprimento do tubo, ou seja, temos a representação da quarta parte da onda no tubo, assim:

$$\frac{\lambda}{4} = L \Rightarrow \lambda = 4 \cdot 1{,}25\ m \therefore \lambda = 5m$$

Substituindo os valores para a equação que relaciona a velocidade da onda com sua frequência, temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340\ m/s}{5\ m} \therefore f = 68\ Hz$$

b) Através do gráfico temos o período T da onda: T = 1ms = 10^{-3} s

Com o inverso do período obtemos a sua frequência:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-3}\ s} \therefore f = 1000 Hz$$

O comprimento de onda será:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340\ m/s}{1000\ m} \therefore \lambda = 0{,}340 m$$

Através da figura representativa do experimento, temos uma relação entre o comprimento do tubo e o comprimento de onda, que representa:

$$L = \frac{7}{4}\lambda$$

Assim, $L = \frac{7}{4} \cdot 0{,}340 m \therefore L = 0{,}595 m$

17. a) Da figura, observamos que n = 3 (três nós) e L = 3,4 cm. Substituindo esses valores na equação dada, obtemos:

$$f_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow f_3 = \frac{3 \cdot 340}{2 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-2}}$$

$$\therefore f_3 = 15\ kHz$$

b) A esfera executará um MHS a partir da região do nó (região de força nula), e o seu peso será a força resultante. Sendo A a amplitude do movimento, vem:

$$F_r = P \Rightarrow kA = mg$$

$$6 \cdot 10^{-2} \cdot A = 1{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \Rightarrow A = 0{,}25\ mm$$

A distância procurada é dada por:

$$d = 2A = 2 \cdot 0{,}25\ mm$$

$$\therefore d = 0{,}5\ mm$$

18. a) Pela figura 1:

$$\lambda_1 = 2{,}4\ m$$

$$T_1 = mg = 1{,}8 \cdot 10 \Rightarrow T_1 = 18\ N$$

Pela equação da velocidade dada, temos:

$$v_1 = \sqrt{\frac{T_1}{\mu}} = \sqrt{\frac{18}{0{,}125}} \Rightarrow v_1 = 12\ m/s$$

Portanto, pela equação fundamental, chegamos a:

$$v_1 = \lambda_1 \cdot f \Rightarrow 12 = 2{,}4 \cdot f$$

$$\therefore f = 5\ Hz$$

b) Para a situação 2, temos:

$$\lambda_2 = \frac{2{,}4\ m}{3} = 0{,}8\ m$$

$$v_2 = \lambda_2 \cdot f = 0{,}8 \cdot 5 \Rightarrow v_2 = 4\ m/s$$

Mas: $T_2 + E = mg \Rightarrow T_2 = mg - E$

Logo:

$$v_2 = \sqrt{\frac{T_2}{\mu}} \Rightarrow 4 = \sqrt{\frac{1{,}8 \cdot 10 - E}{0{,}125}} \Rightarrow 16 \cdot 0{,}125 = 18 - E$$

$$\therefore E = 16\ N$$

ANOTAÇÕES

contato@biologiatotal.com.br
/biologiajubilut
Biologia Total com Prof. Jubilut
@biologiatotaloficial
@Prof_jubilut
biologiajubilut