

RESOLUÇÃO AULA 3 CAP 3

ACÚSTICA

NÍVEL 1

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[C]

Lembrando que a área de uma superfície esférica de raio d é $A = 4\pi d^2$, vem:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

Resposta da questão 2:

[A]

O timbre é uma característica de cada instrumento, e, por este motivo, não é possível que os instrumentos naturais de uma orquestra emitam sons com timbres iguais.

Resposta da questão 3:

[E]

Ao mudar o volume sonoro estamos alterando a amplitude das ondas, isto é, mudamos a intensidade sonora. Um som forte tem grande amplitude enquanto que um som fraco apresenta pequena amplitude.

Resposta da questão 4:

[C]

Como a região P representa uma crista, podemos concluir que as regiões mais escuras são as cristas e as mais claras, os vales. Dessa forma, a crista consecutiva à da região P está na região R.

Resposta da questão 5:

[E]

As duas ondas são sonoras (mesma natureza) e se propagam no mesmo meio, portanto apresentam a mesma velocidade.

Das figuras, a primeira onda apresenta menor período, portanto maior frequência e menor comprimento de onda; ambas apresentam a mesma amplitude.

Resposta da questão 6:

[A]

Análise das afirmativas.

[I] **Verdadeira.** Por exemplo: a onda sonora no ar tem velocidade menor que na água e está menor que no sólido.

[II] **Falsa.** As ondas eletromagnéticas se propagam também no vácuo. A afirmação seria verdadeira somente para as ondas mecânicas.

[III] **Falsa.** O som é de natureza mecânica.

Resposta da questão 7:

[D]

[V] O comprimento de onda é dado pela razão entre a velocidade de propagação da onda e a frequência da mesma, portanto temos:

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

Para a menor frequência:

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{1500 \text{ m/s}}{10^6 \text{ Hz}} \therefore \lambda_1 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,5 \text{ mm}$$

Para a maior frequência:

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{1500 \text{ m/s}}{10 \cdot 10^6 \text{ Hz}} \therefore \lambda_1 = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,15 \text{ mm}$$

[V] O ultrassom é uma onda longitudinal e os fenômenos do exame são baseados em refração e reflexão das ondas com a formação de imagem através das ondas refletidas pelos órgãos internos com o auxílio da computação.

[V] Usando-se o efeito Doppler pode-se também registrar a velocidade do fluxo sanguíneo nas artérias identificando doenças relacionadas a depósito de gordura ou cálcio acumulado nas artérias, devido ao efeito Venturi, pois o fluxo quando passa por uma restrição aumenta sua velocidade. Atualmente, existem exames como a tomografia de contraste que realiza essa tarefa de maneira bastante eficaz.

[F] O ultrassom não é uma onda eletromagnética, mas uma onda mecânica longitudinal.

[V] O ultrassom não representa perigo, pois não utiliza radiação ionizante como o raio X e tomografia.

Resposta da questão 8:

[C]

Para o tubo aberto, temos:

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 0,34}$$

$$\therefore f = 500 \text{ Hz}$$

Resposta da questão 9:

[B]

Uma mesma nota pode ser emitida por vários instrumentos diferentes. Mas o que torna possível caracterizar cada um são seus diferentes timbres.

Resposta da questão 10:

[B]

Análise das alternativas:

[A] Falsa. Altas frequências audíveis indicam sons agudos e baixas frequências sons graves. Como a frequência da onda é inversamente proporcional ao tempo de propagação e também ao comprimento de onda, a onda A tem menor frequência que a onda B e, portanto possui um som mais grave que a onda B.

[B] Verdadeira. Conforme justificativa do item anterior.

[C] Falsa. Para a onda B, com os dados do gráfico: Período = 4 s e frequência: $f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{4} \therefore f = 0,25 \text{ Hz}$.

[D] Falsa. Para a onda A, com os dados do gráfico: Período = 8 s e frequência: $f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{8} \therefore f = 0,125 \text{ Hz}$.

Resposta da questão 11:

[B]

As ondas de choque são ultrassônicas, de alta frequência, acima de 20.000 Hz e pequeno comprimento de onda.

Resposta da questão 12:

[A]

As ondas sonoras são ondas mecânicas classificadas como **longitudinais**, pois sua vibração ocorre na mesma direção da propagação. Como frequência e comprimento de onda são inversamente proporcionais de acordo com a equação:

$$v = \lambda \cdot f$$

Logo, as ondas de maior **frequência**, possuem menor **comprimento de onda**.

Resposta da questão 13:

[B]

O maior comprimento de onda corresponde à corda vibrando no 1º harmônico, formando um único fuso. Assim:

$$\frac{\lambda_1}{2} = L \Rightarrow \lambda_1 = 2L = 2 \cdot 60 \Rightarrow \lambda_1 = 120 \text{ cm.}$$

Resposta da questão 14:

[C]

As amplitudes são diferentes, os comprimentos de onda são os mesmos, a frequência também é a mesma e, por consequência, a velocidade da onda também é a mesma. Como dito anteriormente, a única coisa que muda é a intensidade da onda (que é relacionada com a amplitude).

Resposta da questão 15:

[C]

A intensidade sonora está relacionada com a amplitude do som, permitindo a distinção de sons fracos e sons fortes. Ondas sonoras de grande amplitude são ondas que transportam grande energia e já as ondas de pouca amplitude são ondas que transportam pouca energia.

Resposta da questão 16:

[A]

Em uma sala de cinema, o teto e as paredes devem possuir materiais de forma a absorver grande parte do som. Isto se deve ao fato de, em caso de reflexão do som, aconteceria uma reverberação do som, comprometendo a qualidade do som emitido.

Resposta da questão 17:

[D]

Somente a última afirmativa é falsa, pois a capacidade que uma onda tem de contornar obstáculos é chamada de **difração**.

Resposta da questão 18:

[A]

Violino e guitarra são instrumentos de cordas, e as ondas estacionárias em cordas, sempre começa com um nó e termina com um nó, em todos os harmônicos. E sua amplitude nos pontos de nó são nulas.

Resposta da questão 19:

[E]

Para a onda estacionária em questão, tem-se:

$$L = \frac{3}{2}\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2}{3} \cdot 0,5 \text{ m} \therefore \lambda = \frac{1}{3} \text{ m}$$

Sabendo que a velocidade da onda em função de sua frequência e de seu comprimento de onda é dada pela equação:
 $v = \lambda \cdot f$

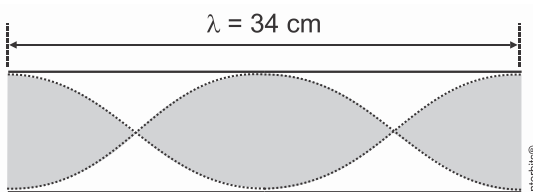
E usando a velocidade dada, obtém-se a frequência pedida.

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 40 \text{ m/s} = \frac{1}{3} \text{ m} \cdot f \therefore f = 120 \text{ Hz}$$

Resposta da questão 20:

[C]

A figura mostra um tubo aberto em seu segundo harmônico.



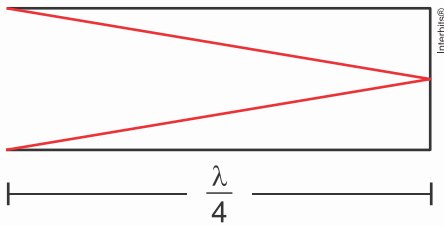
Como se pode notar nessa figura, no segundo harmônico, o comprimento de onda é igual ao comprimento do tubo.
 $\lambda = 34 \text{ cm}; = 0,34 \text{ m}; v = 340 \text{ m/s}.$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,34} \Rightarrow f = 1000 \text{ Hz.}$$

Resposta da questão 21:

[D]



Como no primeiro harmônico há a formação de apenas uma semifusa, logo ele ocupa toda a extensão do tubo sonoro fechado, ou seja, $L = \frac{\lambda}{4}$. Isolando o comprimento de onda do primeiro harmônico, vem:

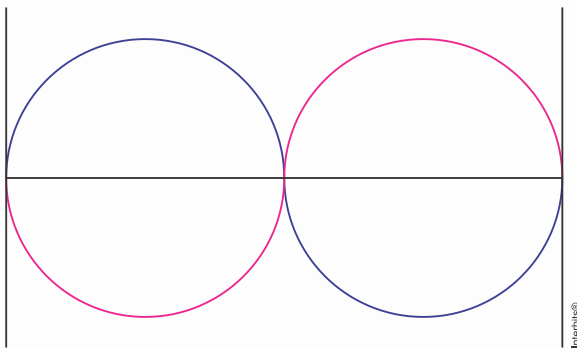
$$L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 4L \Rightarrow \lambda = 4 \cdot 2,5 \Rightarrow \lambda = 10 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0,1 \text{ m}$$

$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{V}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{340}{0,1} \Rightarrow f = 3.400 \text{ Hz}$$

Resposta da questão 22:

[B]

Dos dados do exercício, pode-se inferir que a corda está no 2º Harmônico.



Nesta situação, $\lambda = L$.

Logo, $\lambda = 60 \text{ cm}$.

Resposta da questão 23:

[C]

De acordo com o enunciado, a onda envolvida é sonora, que é uma onda tridimensional. A intensidade (**I**) de ondas tridimensionais é medida pela razão entre a potência (**P**) emitida pela fonte e a área (**A**) abrangida.

$$I = \frac{P}{A} \left[\text{W/m}^2 \right].$$

Resposta da questão 24:

[D]

A qualidade do som que permite diferenciar sons de mesma frequência e de mesma intensidade é o timbre.

Resposta da questão 25:

[D]

[I] INCORRETA. Ondas em cordas vibrantes, ou mesmo ondas eletromagnéticas, podem ter frequências dentro dessa

faixa.

[II] INCORRETA. Na propagação de uma onda não há vibração de energia. No caso de uma onda mecânica, a vibração é das partículas do meio.

[III] CORRETA. É a própria definição de onda longitudinal.

Resposta da questão 26:

[A]

A propriedade física das ondas que permite essa distinção entre as notas é a **frequência**, pois diferentes notas apresentam diferentes frequências.

Resposta da questão 27:

[A]

[V] O som de maior intensidade será aquele de maior amplitude (o do clarinete).

Intensidade sonora está relacionada com a amplitude da onda.

[V] Os dois instrumentos estão emitindo a mesma nota musical.

A altura de uma onda sonora está relacionada com a frequência, como elas possuem a mesma altura (dado do enunciado) logo, terão a mesma frequência e, logo, terão a mesma nota musical.

[F] As formas das ondas emitidas pelos dois instrumentos são iguais.

São dois instrumentos sonoros diferentes, apesar de possuem a mesma frequência, possuem timbres diferentes.

[V] A pessoa, em condições normais, perceberá sons de timbres diferentes emitidos por eles.

O timbre está relacionado com o formato da onda sonora. Mesmo duas notas de mesma frequência e mesma intensidade podem soar distintos em razão do formato da onda produzida pela fonte. É essa qualidade que faz o ouvido notar a diferença em uma mesma nota executada em um clarinete ou em um flauta.

Resposta da questão 28:

[A]

Pelo gráfico, nota-se que o período do Dó central é o dobro do período do Dó maior.

$$T_C = 2 \cdot T_M \Rightarrow \frac{1}{f_C} = 2 \cdot \frac{1}{f_M} \Rightarrow \frac{f_C}{f_M} = \frac{1}{2}.$$

Resposta da questão 29:

[A]

A onda refletida pelo glóbulo vermelho que se afasta da fonte possui uma frequência aparente **menor** e um comprimento de onda aparente **maior** do que a onda emitida pela fonte, fenômeno conhecido por efeito Doppler.

Resposta da questão 30:

[B]

Para Wilma, as frentes de onda sentidas estão sendo comprimidas devido ao movimento do carro em seu sentido e tem menor comprimento de onda, com isso maior frequência, pois essas grandezas são inversamente proporcionais.

$$v = \lambda \cdot f$$

Para Betty, o corre o contrário, os comprimentos de onda são maiores e a frequência menor.

Resposta da questão 31:

[D]

Aplicando a expressão do efeito Doppler para ondas sonoras, com a fonte em repouso e o receptor (R) em movimento.

$$f_{ap} = \frac{v_{som} + v_R}{v_{som}} f \Rightarrow \frac{12}{10} f = \frac{340 + v_R}{340} f \Rightarrow 3400 + 10v_R = 4080 \Rightarrow$$

$$v_R = \frac{4080 - 3400}{10} = 68 \text{ m/s} = 68 \times 3,6 \text{ km/h} = 244,8 \text{ km/h} \Rightarrow$$

$$v_R = 245 \text{ km/h.}$$

Resposta da questão 32:

[B]

Aplicando a equação do Efeito Doppler:

$$f' = f \left(\frac{v_{som} \pm v_o}{v_{som} \pm v_f} \right) = f \left(\frac{v_{som} - v}{v_{som} - v} \right) = f$$

Portanto, é possível ver que a frequência percebida não se altera.

Resposta da questão 33:

[A]

O efeito Doppler é a alteração da percepção da frequência de uma onda devido ao movimento relativo entre a fonte emissora e o observador. Este é o princípio físico utilizado em radares. Letra [A].

NÍVEL 2

Resposta da questão 1:

[A]

Utilizando a equação dada, obtemos:

$$110 = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{10^{-12}} \right)$$

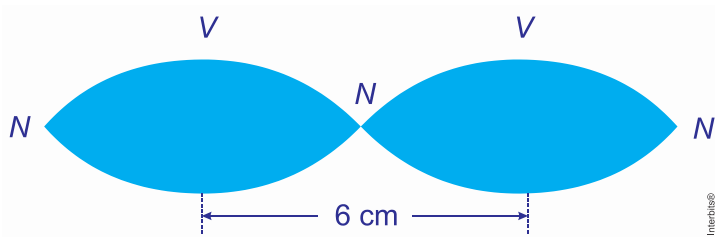
$$10^{11} = \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\therefore I = 10^{-1} \text{ W/m}^2$$

Resposta da questão 2:

[C]

A distância entre dois pontos consecutivos em que o queijo derreteu corresponde a dois ventres (V) consecutivos da onda estacionária formada no interior do forno. Dois fusos dessa onda estão representados a seguir.



A distância entre dois ventres consecutivos é igual a meio comprimento de onda.

$$\frac{\lambda}{2} = 6 \Rightarrow \lambda = 12 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0,12 \text{ m}$$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0,12} = 2,5 \times 10^9 \Rightarrow \lambda = 2,5 \text{ GHz}$$

Resposta da questão 3:

[E]

Da equação de Taylor e da equação fundamental da ondulatória, obtemos:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \lambda f \Rightarrow \sqrt{\frac{mg}{\mu}} = \lambda f \Rightarrow m = \frac{\mu \lambda^2 f^2}{g}$$

Sendo assim:

$$\frac{M}{m_0} = \frac{\frac{\mu \lambda^2 (2f_1)^2}{g}}{\frac{\mu \lambda^2 f_1^2}{g}}$$

$$\therefore \frac{M}{m_0} = 4$$

Resposta da questão 4:

[D]

Da equação do tubo de extremidade fechada, obtemos:

$$f = \frac{nv_{\text{som}}}{4L} = \frac{n \cdot 340}{4 \cdot 0,5} = 170n$$

Como n deve ser ímpar e $600 \text{ Hz} < f < 1000 \text{ Hz}$, devemos ter:

$$n = 3 \Rightarrow f = 3 \cdot 170 \text{ Hz} = \del{510 \text{ Hz}}$$

$$n = 5 \Rightarrow f = 5 \cdot 170 \text{ Hz} = 850 \text{ Hz}$$

$$n = 7 \Rightarrow f = 7 \cdot 170 \text{ Hz} = \del{1190 \text{ Hz}}$$

Portanto, $f = 850 \text{ Hz}$.

Resposta da questão 5:

[E]

Como os tubos fechados possuem apenas harmônicos ímpares, teremos:

$$f = \frac{nv}{4L} \Rightarrow 850 = \frac{1 \cdot 340}{4L_1} \Rightarrow L_1 = 10 \text{ cm} \Rightarrow h_S = 25 \text{ cm}$$

$$f = \frac{nv}{4L} \Rightarrow 850 = \frac{3 \cdot 340}{4L_2} \Rightarrow L_2 = 30 \text{ cm} \Rightarrow h_R = 5 \text{ cm}$$

$$\therefore h_S - h_R = 20 \text{ cm}$$

Resposta da questão 6:

[C]

Quando essas reflexões do som ocorrem num intervalo em que o som original não é distinguido do som recebido (gerando essa sensação de continuidade), temos o fenômeno da reverberação.

Resposta da questão 7:

[A]

O radar emite pulsos de ondas de frequência conhecida que são refletidas no alvo e retornam ao sistema sendo medidas as frequências aparentes produzidas pelo movimento do alvo e calculando-se a velocidade através do Efeito Doppler. Na realidade, a frequência da onda não muda, mas sim a frequência aparente da mesma (fato que poderia gerar anulação da questão), sendo que na região A temos a aproximação de gotas que o radar percebe como uma frequência aparente maior e um comprimento de onda aparente menor, já na região B, onde as gotas se afastam a frequência aparente é maior e o comprimento de onda aparente menor.

Resposta da questão 8:

[D]

A frequência no fio é dada por:

$$f = \frac{nv}{2\ell} = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Calculando a razão entre as frequências, temos:

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{\frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{T_2}{\mu}}}{\frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{T_1}{\mu}}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

Logo:

$$\frac{f_2}{200} = \sqrt{\frac{4T_1}{T_1}}$$

$$f_2 = 200 \cdot \sqrt{4}$$

$$\therefore f_2 = 400 \text{ Hz}$$

Resposta da questão 9:

[A]

Tempo de subida até a altura máxima:

$$v = v_0 + at$$

$$0 = 98 - 9,8t$$

$$t = 10 \text{ s}$$

Portanto, o som foi emitido durante a subida. Logo:

$$f = f_0 \left(\frac{v_{\text{som}} \pm v_o}{v_{\text{som}} \pm v_f} \right)$$

$$f = f_0 \left(\frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} + v_f} \right)$$

$$\therefore 0 < f < f_0$$

Resposta da questão 10:

[D]

Velocidade da viatura em m/s :

$$144 \text{ km/h} \div 3,6 = 40 \text{ m/s}$$

Pela equação do efeito Doppler, obtemos:

Situação inicial:

$$f_{\text{ap}} = f_{\text{fonte}} \left(\frac{v_{\text{som}} \pm v_{\text{obs}}}{v_{\text{som}} \pm v_{\text{fonte}}} \right)$$

$$f_1 = f_{\text{fonte}} \left(\frac{340 - v_{\text{ciclista}}}{340 - 40} \right)$$

Situação final:

$$f_2 = f_{\text{fonte}} \left(\frac{340 + v_{\text{ciclista}}}{340 + 40} \right)$$

Logo:

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{5}{6} \Rightarrow \frac{340 + v_{\text{ciclista}}}{340 - v_{\text{ciclista}}} = \frac{5}{6}$$

$$\frac{340 + v_{\text{ciclista}}}{340 - v_{\text{ciclista}}} = \frac{5}{6} \cdot \frac{380}{300} = \frac{19}{18}$$

$$6460 - 19v_{\text{ciclista}} = 6120 + 18v_{\text{ciclista}}$$

$$37v_{\text{ciclista}} = 340$$

$$\therefore v_{\text{ciclista}} \cong 9,2 \text{ m/s}$$

Resposta da questão 11:

[A]

As ondas de ultrassom possuem frequência superior a 20000 Hz, tendo seu funcionamento baseado na reflexão. São ondas mecânicas e podem sofrer refração.

Resposta da questão 12:

[A]

Estruturas	$\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$	$v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	$i \times 10^6 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right)$
Cérebro	1.020	1.530	1,56
Músculo	1.040	1.580	1,64
Gordura	920	1.450	1,33
Osso	1.900	4.040	7,68

Lógico que a maior diferença está entre os valores mínimo e máximo de impedância, ou seja, entre osso e gordura.

Resposta da questão 13:

[E]

Pelas figuras, temos que:

$$\lambda_1 = 2\lambda_2$$

Logo, mantendo a velocidade de propagação do som no instrumento:

$$v = \lambda f$$

$$\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2$$

$$2\lambda_2 f_1 = \lambda_2 f_2$$

$$\therefore f_2 = 2f_1$$

Resposta da questão 14:

[A]

No caso do pulso ocorrer numa corda de extremidade fixa, ele é refletido com inversão de fase.

Resposta da questão 15:

[C]

As ilustrações podem representar ondas sendo emitidas por um objeto em movimento. Sendo assim, o fenômeno representado seria o do efeito Doppler com desvio para o vermelho (fonte se afastando do observador).

Resposta da questão 16:

[C]

Para a frequência f_1 , pela equação de Lagrange:

$$f_1 = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{6}{2 \cdot 3} \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10}{250 \cdot 10^{-3}}} \Rightarrow f_1 = 10 \text{ Hz}$$

Para a frequência f_2 , o comprimento de onda deve ser:

$$\frac{\lambda}{4} = 42,5 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \lambda = 1,7 \text{ m}$$

Admitindo $v_{\text{som}} = 340 \text{ m/s}$, pela equação fundamental:

$$v_{\text{som}} = \lambda \cdot f_2 \Rightarrow 340 = 1,7 \cdot f_2 \Rightarrow f_2 = 200 \text{ Hz}$$

Logo, a razão pedida será:

$$r = \frac{f_2}{f_1} = \frac{200}{10}$$

$$\therefore r = 20$$

Resposta da questão 17:

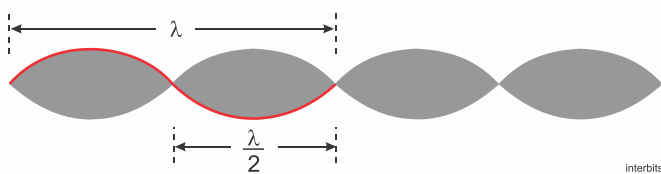
[C]

Dados: $c = 3 \times 10^8$ m/s; $f = 2,45$ GHz = $24,5 \times 10^8$ Hz.

Calculando o comprimento de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{24,5 \times 10^8} \cong 0,12 \text{ m} \Rightarrow \lambda \cong 12 \text{ cm.}$$

A figura mostra uma onda estacionária.



A distância entre dois nodos é:

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{12}{2} \Rightarrow d = 6 \text{ cm.}$$

Resposta da questão 18:

[B]

Considerando $g = 10$ m/s², aplicando a equação de Torricelli, calcula-se a velocidade do diapasão ao atingir o chão.

$$v^2 = v_0^2 + 2gh = 0^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1,8 = 36 \Rightarrow v = 6 \text{ m/s.}$$

Aplicando a expressão do efeito Doppler, calcula-se a frequência aparente:

$$f_{\text{ap}} = \frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} + v_{\text{diap}}} f \Rightarrow f_{\text{ap}} = \frac{330}{330 + 6} \cdot 440 \Rightarrow f_{\text{ap}} = 432,14 \text{ Hz.}$$

Resposta da questão 19:

[E]

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}.$$

A nota mais alta (mais aguda) é a de maior frequência, portanto, a de **menor comprimento de onda**.

Resposta da questão 20:

[B]

A força tensora na corda é dada por:

$T = v^2 \cdot \mu$ (1), onde:

$$v = \lambda \cdot f = \frac{2L}{3} \cdot f = \frac{2 \cdot 0,9 \text{ m}}{3} \cdot 200 \text{ Hz} \therefore v = 120 \text{ m/s}$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0,1 \text{ kg}}{0,9 \text{ m}} \therefore \mu = \frac{1}{9} \text{ kg/m}$$

Substituindo em (1), temos:

$$T = (120 \text{ m/s})^2 \cdot \frac{1}{9} \text{ kg/m} \Rightarrow T = 1600 \text{ N}$$

Logo, o produto da força tensora com o comprimento da corda, em $\text{N} \cdot \text{m}$, será de:

$$T \cdot L = 1600 \text{ N} \cdot 0,9 \text{ m} \therefore T \cdot L = 1440 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Resposta da questão 21:

[B]

O comprimento L corresponde a meio fuso ou a um quarto do comprimento de onda.

$$\frac{\lambda}{4} = L \Rightarrow \lambda = 4L = 4 \times 10 = 40 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0,4 \text{ m.}$$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,4} \Rightarrow \boxed{f = 850 \text{ Hz.}}$$