



## AULA 1

## INTRODUÇÃO À ONDULATÓRIA

## Resposta da questão 1:

[D]

Sabendo-se que a distância entre duas cristas sucessivas é o comprimento de onda  $\lambda$  e utiliza-se a equação fundamental que relaciona a velocidade da onda  $v$  ao seu comprimento de onda e sua frequência  $f$ , obtém-se:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 4 \text{ m} \cdot 25 \text{ Hz} \therefore v = 100 \text{ m/s}$$

## Resposta da questão 2:

[A]

Comprimento de onda da onda na corda:

$$3 \cdot \frac{\lambda}{2} = 2 \Rightarrow \lambda = \frac{4}{3} \text{ m}$$

Logo, a frequência da onda estacionária vale:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 = \frac{4}{3} \cdot f$$

$$\therefore f = 2,25 \text{ Hz}$$

## Resposta da questão 3:

[D]

Segundo o texto do enunciado e o gráfico, o comprimento de onda mais efetivo é de 461 nm. Pela equação fundamental da ondulatória, calcula-se a frequência mais efetiva:

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3 \times 10^8}{461 \times 10^{-9}} \Rightarrow f = 6,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

## Resposta da questão 4:

[E]

Determina-se a faixa de frequências utilizando-se da expressão fundamental que relaciona velocidade da onda, comprimento de onda e frequência.

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

Assim, tem-se para o maior comprimento de onda dos raios X a seguinte frequência:

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{10^{-8} \text{ m}} \therefore f_1 = 3 \times 10^{16} \text{ Hz}$$

E para o menor comprimento de onda caracterizado com raio gama, a frequência maior correspondente é:

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{10^{-14} \text{ m}} \therefore f_2 = 3 \times 10^{22} \text{ Hz}$$

## Resposta da questão 5:

[E]

Aplicando a equação fundamental da ondulatória, obtemos:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$3 \cdot 10^8 = 800 \cdot 10^{-9} \cdot f$$

$$\therefore f = 3,75 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Dessa forma, a região do espectro eletromagnético utilizada foi a do infravermelho próximo, pois  $1,2 \cdot 10^{14} < 3,75 \cdot 10^{14} < 3,8 \cdot 10^{14}$ .

**Resposta da questão 6:**

[D]

Da equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{350}{50 \times 10^3} \Rightarrow \lambda = 7 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 7 \text{ mm}$$

**Resposta da questão 7:**

[C]

O comprimento de onda da onda sonora é dado por:

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

$$340 = \frac{\lambda}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$$\therefore \lambda = 6,8 \text{ m}$$

**Resposta da questão 8:**

[B]

Como há a formação de três ventres, podemos obter o comprimento de onda da onda estacionária:

$$3 \cdot \frac{\lambda}{2} = 15,6$$

$$\lambda = 10,4 \text{ m}$$

Logo:

$$v = \lambda f$$

$$2,6 = 10,4f$$

$$\therefore f = 0,25 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 9:**

[B]

Do gráfico, obtemos:

$$\lambda = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$$

Logo:

$$v = \lambda f$$

$$\frac{72}{3,6} = 0,08f$$

$$\therefore f = 250 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 10:**

[C]

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{22} = 13,6 \times 10^6 \text{ Hz} \Rightarrow \boxed{F = 13,6 \text{ MHz}}$$

**Resposta da questão 11:**

[B]

Com o comprimento de onda de 20 cm do sonorizador ondulado, a frequência experimentada pelo condutor será de:

$$v = \lambda f$$

$$\frac{72}{3,6} = 0,2f$$

$$\therefore f = 100 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 12:**

[C]

Frequência dos instrumentos descritos:

$$v = \lambda f$$

$$330 = 3f$$

$$f = 110 \text{ Hz}$$

Portanto, os instrumentos que possuem a faixa de frequência obtida são o violoncelo, o contrabaixo e o violão.

**Resposta da questão 13:**

[A]

Do gráfico, obtemos  $\lambda = 1 \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ . Logo:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$10 \cdot 10^3 = 1 \cdot 10^{-3} \cdot f$$

$$\therefore f = 10 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 10 \text{ MHz}$$

**Resposta da questão 14:**

[A]

Da equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{150 \times 10^9} = \frac{3 \times 10^8}{1,5 \times 10^{11}} \Rightarrow \boxed{\lambda = 2 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

**Resposta da questão 15:**

[B]

O som de maior frequência, ou seja, 2 kHz ou 2.000 Hz.

Aplicando a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{2.000} = 0,17 \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda = 17 \text{ cm}}$$

**Resposta da questão 16:**

[D]

Da equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{102} \therefore \lambda \cong 3 \times 10^6 \text{ m.}$$

**Resposta da questão 17:**

[D]

Da figura:

$$\frac{\lambda}{2} = 6,1 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 12,2 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0,122 \text{ m.}$$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f = 0,122 \cdot 2450 \times 10^6 = 2,99 \times 10^6 \therefore v = 3 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

**Resposta da questão 18:**

[E]

A equação fundamental das ondas relaciona a velocidade da onda ( $v$ ) com seu comprimento de onda ( $\lambda$ ) e sua frequência ( $f$ ).

$$v = \lambda \cdot f$$

Assim, o comprimento de onda é obtido por:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{500 \text{ MHz}} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{5 \times 10^8 \text{ Hz}} \therefore \lambda = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

**Resposta da questão 19:**

[E]

Período da onda – olhando o gráfico:

$$T = 0,2 \text{ s (tempo de pico a pico)}$$

Comprimento da onda:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = v \cdot T \Rightarrow \lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 0,2 = 0,6 \cdot 10^8 \text{ m ou } 6 \cdot 10^7 \text{ m.}$$

**Resposta da questão 20:**

[E]

Aplicando a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{5}{3} \Rightarrow \boxed{T = \frac{5}{3} \text{ s}}$$

**Resposta da questão 21:**

[B]

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1.480}{40 \times 10^3} = 37 \times 10^{-3} \Rightarrow \boxed{\lambda = 3,7 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

**Resposta da questão 22:**

[B]

Aplicando a equação fundamental da ondulatória, obtemos:

$$v = \lambda f$$

$$3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 1 \cdot 10^6$$

$$\therefore \lambda = 3 \cdot 10^2 \text{ m}$$

**Resposta da questão 23:**

[E]

A frequência das ondas é dada por:

$$v = \lambda f$$

$$7,5 = 6f$$

$$\therefore f = 1,25 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 24:**

[B]

Comprimento da onda na corda:

$$\frac{\lambda}{2} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \lambda = 10 \text{ mm}$$

Logo, o período da onda na corda vale:

$$v = \frac{\lambda}{\tau} \Rightarrow 5 = \frac{10}{\tau}$$

$$\therefore \tau = 2 \text{ ms}$$

**Resposta da questão 25:**

[A]

Comprimento de onda:

$$5 \cdot \frac{\lambda}{2} = 1,5 \text{ m}$$

$$\therefore \lambda = 0,6 \text{ m}$$

Velocidade de propagação da onda:

$$v = \lambda f = 0,6 \cdot 20$$

$$\therefore v = 12 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 26:**

[B]

Dados:  $T = 30 \text{ s}$ ;  $v = 7,2 \text{ km/h} = 2 \text{ m/s}$ .

Da equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda = vT = 2 \times 30 \Rightarrow \lambda = 60 \text{ m}$$

**Resposta da questão 27:**

[E]

A equação fundamental relaciona a velocidade ( $v$ ), comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a frequência ( $f$ ) de uma onda.

$$v = \lambda \cdot f$$

Sabendo que a distância entre dois nós sucessivos equivale à metade do comprimento de onda, temos, em unidades do SI:

$$1440 \text{ m/s} = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot f$$

$$f = \frac{1440 \text{ m/s}}{4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

$$\therefore f = 18000 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 28:**

[A]

Pela equação fundamental da ondulatória, temos:

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

Sendo assim, o maior comprimento de onda será dado quando tivermos a menor das frequências. Logo:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = 1,25 \cdot 10^{-1}$$

$$\therefore \lambda_{\text{máx}} = 0,125 \text{ m}$$

**Resposta da questão 29:**

[D]

Dados:  $v = 500 \text{ m/s}$ ;  $T = 20 \mu\text{s} = 20 \times 10^{-6} \text{ s}$ .

Da equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda = vT = 500 \times 20 \times 10^{-6} = 10 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 10 \text{ mm.}$$

**Resposta da questão 30:**

[A]

Conforme o próprio enunciado:

$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{14}{20} \Rightarrow f = 0,7 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 31:**

[E]

Da figura:  $\lambda = 0,6 \text{ m}$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \\ v = \lambda f \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lambda f \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta S}{\lambda f} = \frac{1,8}{0,6 \cdot 3} \therefore \Delta t = 1 \text{ s.}$$

**Resposta da questão 32:**

[A]

A derme é a camada intermediária da pele entre a epiderme e a hipoderme, que abriga vasos sanguíneos, nervos e folículos pilosos.

Da figura, identifica-se que a radiação que atinge a derme é UVA, na faixa de comprimento de onda de 320 nm a 400 nm.

Pela equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} f_{\text{mín}} = \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} \Rightarrow f_{\text{mín}} = 7,5 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ f_{\text{máx}} = \frac{3 \times 10^8}{320 \times 10^{-9}} \Rightarrow f_{\text{máx}} = 9,375 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{array} \right\} \therefore (7,5 \leq f \leq 9,375) \times 10^{14} \text{ Hz.}$$

**Resposta da questão 33:**

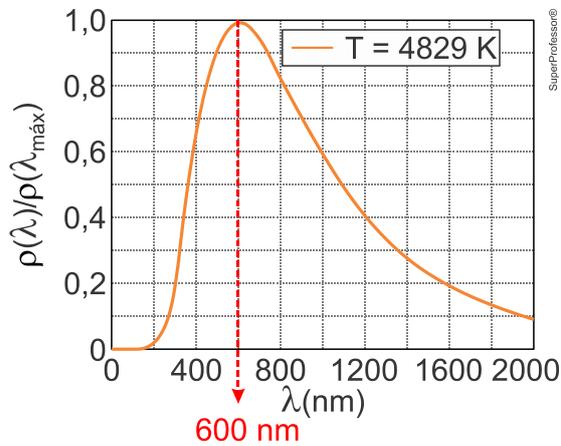
[C]

Comprimento de onda para a cor amarela:

$$c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda_{\text{máx}} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{14}} = 0,6 \times 10^{-6} \text{ m} = 600 \times 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow$$

$$\lambda_{\text{máx}} = 600 \text{ nm}$$

Abaixo, o gráfico correspondente para a densidade de energia irradiada para a cor amarela.



**Resposta da questão 34:**

[D]

Como a velocidade de propagação dessas ondas não se altera, temos que:

$$\begin{cases} c = \lambda_{4G} f_{4G} \\ c = \lambda_{5G} f_{5G} \end{cases} \Rightarrow \frac{\lambda_{4G}}{\lambda_{5G}} = \frac{f_{5G}}{f_{4G}} = \frac{3,5 \cdot 10^9}{700 \cdot 10^6}$$

$$\therefore \lambda_{4G} = 5\lambda_{5G}$$

Ou seja, o comprimento da onda relacionada à transmissão 4G é 5 vezes maior que o menor comprimento de onda da tecnologia 5G.

**Resposta da questão 35:**

[B]

Período da onda:

$$T = 2 \cdot 5 \text{ s} = 10 \text{ s}$$

Velocidade de propagação da onda:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{20 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 36:**

[B]

Utilizando-se a equação fundamental da ondulatória que relaciona a velocidade da onda com as frequências das tecnologias 4G e 5G obtém-se os comprimentos de onda de cada rede.

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

Comprimento de onda 4G:

$$\lambda_{4G} = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ km/s}}{700 \text{ MHz}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{7 \cdot 10^8 \text{ Hz}} \therefore \lambda_{4G} = \frac{3}{7} \text{ m} \approx 0,429 \text{ m}$$

Comprimento de onda 5G:

$$\lambda_{5G} = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ km/s}}{3,5 \text{ GHz}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}} \therefore \lambda_{5G} = \frac{3}{35} \text{ m} \approx 0,085 \text{ m}$$

Diferença dos comprimentos de onda:

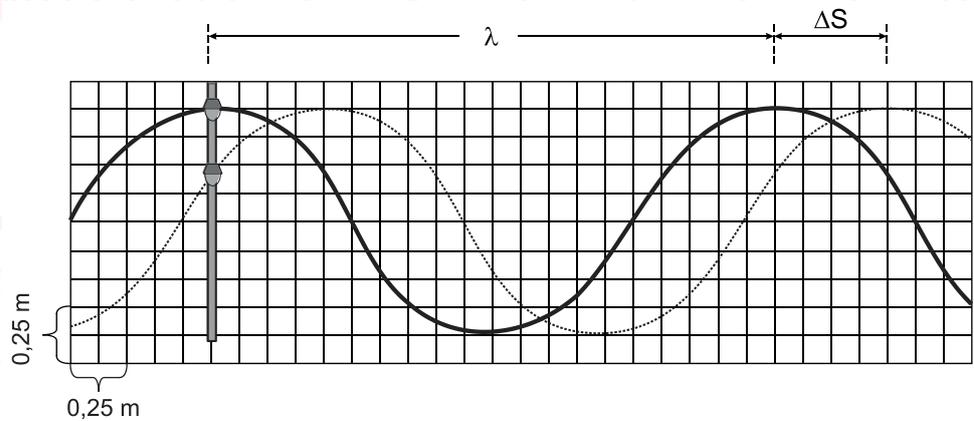
$$\Delta\lambda = \lambda_{4G} - \lambda_{5G} \approx 0,429 \text{ m} - 0,085 \text{ m} \therefore \Delta\lambda \approx 0,334 \text{ m} \approx 334 \text{ mm}$$

**Resposta da questão 37:**

[B]

Analisando a figura dada, como se destaca:

$$\lambda = 10 \cdot 0,25 \Rightarrow \lambda = 2,5 \text{ m}; \Delta S = 2 \cdot 0,25 \Rightarrow \Delta S = 0,5 \text{ m}.$$



Combinando equações:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \\ v = \lambda f \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda f = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow f = \frac{\Delta S}{\lambda \Delta t} = \frac{0,5}{2,5 \cdot 0,4} \Rightarrow \boxed{f = 0,5 \text{ Hz}}$$

**Resposta da questão 38:**

[A]

- No par trançado:  $f_1 = 56 \text{ kbps} = 56 \times 10^3 \text{ bps} \Rightarrow f_1 = 56 \times 10^3 \text{ Hz}$

- Na rede 5G:  $f_2 = 10 \text{ Gbps} = 10 \times 10^9 \text{ bps} \Rightarrow f_2 = 1 \times 10^{10} \text{ Hz}$

Aplicando a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \frac{2}{3}c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{2c}{3f}$$

Substituindo nessa expressão as frequências calculadas:

$$\left\{ \begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{2c}{3f_1} = \frac{2 \cdot 3 \times 10^8}{3 \cdot 56 \times 10^3} = \frac{25 \times 10^3}{7} \Rightarrow \lambda_1 \cong 3,6 \times 10^3 \text{ m} \\ \lambda_2 &= \frac{2c}{3f_2} = \frac{2 \cdot 3 \times 10^8}{3 \cdot 1 \times 10^{10}} = \frac{2}{10^2} \Rightarrow \lambda_2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned} \right.$$

## AULA 2

### LUZ E SOM, UM ESTUDO APROFUNDADO

**Resposta da questão 1:**

[B]

Vemos o relâmpago quase que instantaneamente, pois a velocidade da luz no ar é cerca de 300.000.000 m/s, enquanto o som do trovão propaga-se a 340 m/s, bem mais lento que a luz.

**Resposta da questão 2:**

[A]

As ondas eletromagnéticas são ondas transversais, formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis, propagando-se em direção perpendicular a direção de variação desses campos.

**Resposta da questão 3:**

[D]

Amplitude = Altura da onda = 8 cm

Comprimento de onda = 20 cm = 0,2 m

Frequência =  $F = \text{velocidade}/(\text{comprimento de onda}) = \frac{320}{0,2} = 1600 \text{ Hz} = 1,6 \text{ kHz}$ .

**Resposta da questão 4:**

[A]

Dados:  $f = 600 \text{ MHz} = 600 \times 10^6 \text{ Hz} = 6 \times 10^8 \text{ Hz}$ ;  $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^8} \Rightarrow \lambda = 0,5 \text{ m}$$

**Resposta da questão 5:**

[B]

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{2 \times 10^8}{10^{11}} = 2 \times 10^{-3} \Rightarrow \lambda = 0,002 \text{ m.}$$

**Resposta da questão 6:**

[D]

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \lambda f_{\text{som}} \\ 10^6 v = \lambda f_{\text{luz}} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{v}{10^6 v} = \frac{\lambda f_{\text{som}}}{\lambda f_{\text{luz}}} \Rightarrow f_{\text{luz}} = 10^6 f_{\text{som.}}$$

**Resposta da questão 7:**

[D]

Ondas eletromagnéticas propagam-se com a mesma velocidade num mesmo meio, no caso o ar, aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s. A frequência sendo maior, são geradas mais ondas por unidade de tempo, aumentando a velocidade de transmissão.

**Resposta da questão 8:**

[A]

O som é uma onda mecânica, sendo o som de menor frequência o mais grave e o de maior frequência o mais agudo.

**Resposta da questão 9:**

[E]

Analisando a figura mostrada, nota-se que os menores comprimentos de onda correspondem aos dos raios gama.

**Resposta da questão 10:**

[B]

[A] INCORRETA - Comprimento de onda: o comprimento de onda da radiação infravermelha é maior que o da luz visível, variando de cerca de 700 nanômetros a 1 milímetro. Sendo que não pode ser visto pelo olho humano, pois está fora do espectro visual humano

[B] CORRETA

[C] INCORRETA - A onda de rádio possui a menor frequência de onda do espectro eletromagnético, na faixa de 10.000 Hz

[D] INCORRETA - Os raios X são uma forma de radiação eletromagnética de frequência mais alta que o ultravioleta, no entanto, sua frequência é inferior à frequência característica dos raios gama.

Descritor: D71 - Reconhecer as características das ondas (comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação, etc.)

Comentário: Ao analisar a representação do espectro eletromagnético, o estudante que assinalar o gabarito, reconhece que os raios gama são a radiação com menor comprimento de onda, uma vez que, na representação gráfica da onda, as cristas estão mais juntas (o comprimento de onda é a distância entre duas cristas) e o valor 10-14m indicado é o menor comprimento se comparado com os demais valores.

**Resposta da questão 11:**

[D]

O ponto mais alto de uma onda, denomina-se crista da onda; já o ponto mais baixo da onda, denomina-se vale da onda. Sendo assim, a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos é definida como

sendo o comprimento de onda.

Com referência na imagem 1, é possível notar que a distância de uma crista a outra é maior que as demais alternativas.

Descritor: D71 - Reconhecer as características das ondas (comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação, etc.).

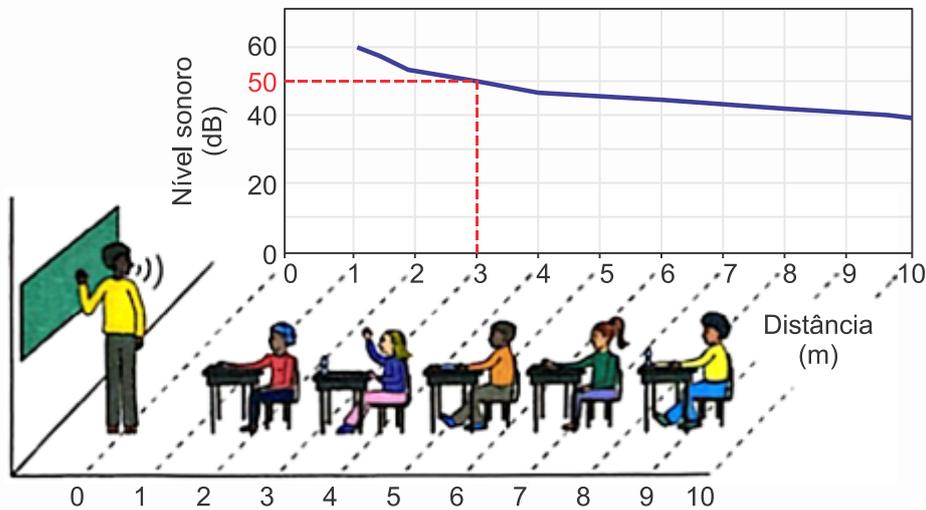
Comentário: Analisando-se a distância entre duas cristas consecutivas (ou dois vales), a onda 1 é a que corresponde ao maior comprimento de onda, ou seja, à onda que possui a maior distância entre duas cristas consecutivas.

**Resposta da questão 12:**

[A]

Considerando as condições impostas:

$$N = 45 + 5 \Rightarrow N = 50 \text{ dB.}$$



Analisando o gráfico mostrado, a maior distância deve ser igual a 3 m.

**Resposta da questão 13:**

[A]

O efeito fotoelétrico descreve a emissão de elétrons por uma superfície metálica após esta ser atingida por uma radiação eletromagnética.

**Resposta da questão 14:**

[A]

[A] Verdadeira. O comprimento da onda descrita é de:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{4000 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 2 \text{ mm}$$

[B] Falsa. O ultrassom é uma onda mecânica e necessita de meio material para se propagar.

[C] Falsa. A frequência captada sofre distorções de acordo com o efeito Doppler.

[D] Falsa. A velocidade da onda aumenta de acordo com vários fatores, dentre eles a elasticidade do meio.

[E] Falsa. O comprimento de onda varia conforme a onda refrata para outros meios.

**Resposta da questão 15:**

[E]

A única alternativa que utiliza o efeito fotoelétrico traz a característica da influência da luz externa incidente no aparelho provocando alguma modificação é aquela em que há possibilidade de controle do brilho da tela de um celular por meio da luminosidade externa.

**Resposta da questão 16:**

[B]

O número de vezes que um evento ocorre por unidade de tempo é expresso pela grandeza física conhecida como frequência.

**Resposta da questão 17:**

[A]

A figura mostra as cores do espectro visível e seis grandezas a elas associadas. Como mostrado, as setas indicam o sentido de crescimento de valor de cada uma das grandezas.

Vermelho Laranja Amarelo Verde Azul Anil Violeta



(+)	←	<i>Velocidade (exceto no vácuo)</i>	→	(-)
(+)	←	<i>Comprimento de onda</i>	→	(-)
(-)	→	<i>frequência</i>	←	(+)
(-)	→	<i>índice de refração</i>	←	(+)
(-)	→	<i>desvio na refração</i>	←	(+)
(-)	→	<i>energia do fóton</i>	←	(+)

Como se pode notar, a região espectral de menor comprimento de onda é a correspondente a radiação violeta.

**Resposta da questão 18:**

[A]

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{2,4 \times 10^{-3}}{4 \cdot 3 \cdot 10^2} = 0,2 \times 10^{-5} \Rightarrow I = 2 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

**Resposta da questão 19:**

[E]

Nó vácuo, todas as radiações eletromagnéticas propagam-se com a mesma velocidade, aproximadamente,  $3 \times 10^8$  m/s.

**Resposta da questão 20:**

[C]

Os sensores dos termômetros são formados por receptores que reagem à emissão dos raios infravermelhos, cujos comprimentos das ondas variam entre aproximadamente  $1 \mu\text{m}$  e  $1 \text{mm}$  e tendem a não causar danos relevantes à saúde humana devido à sua baixa capacidade de penetração na pele.

**Resposta da questão 21:**

[E]

[A] Falsa. Período e comprimento de onda associados:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60 \cdot 10^6} \Rightarrow T = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{60 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda = 5 \text{ m}$$

[B] Falsa. As ondas FM e AM possuem frequências relativamente baixas. A onda FM possui frequência modulada e a onda AM possui amplitude modulada.

[C] Falsa. As ondas de rádio são ondas transversais.

[D] Falsa. A unidade de pressão de radiação no SI é o Pa.

[E] Verdadeira. As ondas de rádio e de micro-ondas são ondas eletromagnéticas.

**Resposta da questão 22:**

[C]

A menor frequência que faz com que haja a emissão de elétrons é dada por:

$$E = hf = \Phi_{Ni}$$

$$6,6 \cdot 10^{-34} \cdot f = 8 \cdot 10^{-19}$$

$$\therefore f = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 23:**

[C]

As ondas sonoras emitidas pelo SONAR são ondas mecânicas que se propagam através da água e possibilitam a detecção dos alvos através da reflexão dessas ondas.

**Resposta da questão 24:**

[C]

Conhecendo-se a proporcionalidade entre frequência e comprimento de onda, em que essas grandezas são inversamente proporcionais, tem-se que quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda e vice-versa. Assim, a ordem decrescente das frequências é a ordem crescente dos comprimentos de onda, portanto, a resposta correta é [C].

**Resposta da questão 25:**

[C]

As notas musicais podem ser diferenciadas entre si e corretamente identificadas através de suas frequências.

**Resposta da questão 26:**

[A]

A grandeza que está relacionada com o tom da voz é a altura.

**Resposta da questão 27:**

[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 28:**

[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 29:**

[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 30:**

[D]

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

**Resposta da questão 31:**

[D]

Para que o fenômeno ocorra, a energia do fóton ( $E_f$ ) tem que ser maior que a energia mínima ( $E_0$ ). Assim:

$$E_f > E_0 \Rightarrow hf > E_0 \Rightarrow E_0 < 6,63 \times 10^{-34} \times 10^{14} \Rightarrow$$

$$E_0 < 6,63 \times 10^{-20} \Rightarrow \boxed{E_0 < 10^{-19}}$$

Por aproximação:

$$\boxed{E_0 = 10^{-20}}$$

**Resposta da questão 32:**

[B]

Cálculo da frequência:

$$E_f = h \cdot f$$

$$2,24 \cdot 10^{-14} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot f$$

$$f = 3,38 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$$

Portanto, os detectores utilizados devem ser do tipo G.

**Resposta da questão 33:**

[D]

Combinando a equação do efeito fotoelétrico com a equação fundamental da ondulatória, vem:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_c = hf - W \\ c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow E_c = \frac{hc}{\lambda} - W \Rightarrow E_c = \frac{4,2 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} - 2,14 \Rightarrow$$

$$E_c = 3,15 - 2,14 \Rightarrow E_c = 1,01 \text{ eV}$$

**Resposta da questão 34:**

[A]

Da expressão que dá o nível sonoro  $N$ , medido em decibels:

$$N = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = \frac{N}{10} \Rightarrow 10^{\frac{N}{10}} = \frac{I}{I_0} \Rightarrow 10^{\frac{N}{10}} = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{\left(\frac{N}{10} - 12\right)}$$

Aplicando para os níveis sonoros pedidos:

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 70 \text{ dB} \Rightarrow I = 10^{\left(\frac{70}{10} - 12\right)} \Rightarrow I = 10^{-5} \text{ W/m}^2 \\ N = 60 \text{ dB} \Rightarrow I = 10^{\left(\frac{60}{10} - 12\right)} \Rightarrow I = 10^{-6} \text{ W/m}^2 \end{array} \right.$$

**Resposta da questão 35:**

[A]

Com a expressão para o nível sonoro ( $\beta$ ), em decibéis, calculamos a intensidade da fonte sonora:

$$\beta = 10 \cdot \log \left( \frac{I}{I_0} \right), \text{ onde:}$$

$\beta$  = nível sonoro em decibéis;

$I$  = intensidade da fonte em  $\text{W/m}^2$ ;

$$\beta = 10 \cdot \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \Rightarrow 80 = 10 \cdot \log \left( \frac{I}{10^{-12}} \right) \Rightarrow 8 = \log \left( \frac{I}{10^{-12}} \right) \Rightarrow 10^8 = \frac{I}{10^{-12}} \therefore I = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

Agora, sabendo que a intensidade é a razão entre a potência e a área, calculamos a potência da fonte sonora à 7 metros de distância.

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I \cdot A$$

$$P = 10^{-4} \text{ W/m}^2 \cdot 4\pi \cdot (7 \text{ m})^2 \therefore P = 5,88 \cdot 10^{-2} \text{ W}$$

**Resposta da questão 36:**

[B]

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

**Resposta da questão 37:**

[C]

Analisando as alternativas:

- [A] Incorreta. O dedilhar do guitarrista produz corrente elétrica, mas não emissão de elétrons.
- [B] Incorreta. O aparelho do controle remoto envia mensagens codificadas por meio de luz infravermelha – invisível ao olho humano – para o equipamento controlado. Quando se aperta o botão do controle, essa luz pisca, emitindo pulsos longos e curtos que compõem um código binário. Através de um microprocessador, o equipamento receptor decodifica esse sinal.
- [C] Correta. Quando uma pessoa se aproxima do sensor fotoelétrico, estrategicamente colocado, um dispositivo é acionado abrindo e fechando a porta.
- [D] Incorreta. Na máquina fotográfica é apenas uma descarga rápida, uma corrente elétrica transitória que emite um flash.
- [E] Incorreta. Na lâmpada fosforescente os elétrons são apenas excitados e não arrancados.

**Resposta da questão 38:**

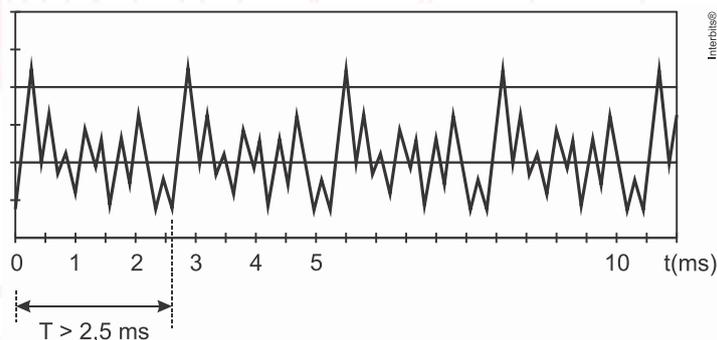
[C]

- I. Corpos aquecidos emitem radiação não visível. Essa radiação, que costumamos chamar de mormaço, está na faixa do infravermelho.
- II. Fator importante na produção de melanina é a radiação ultravioleta que, absorvida em excesso, pode se tornar perigosa ao ser humano.
- III. Importante na medicina são as radiografias, que usam os raios X.

**Resposta da questão 39:**

[C]

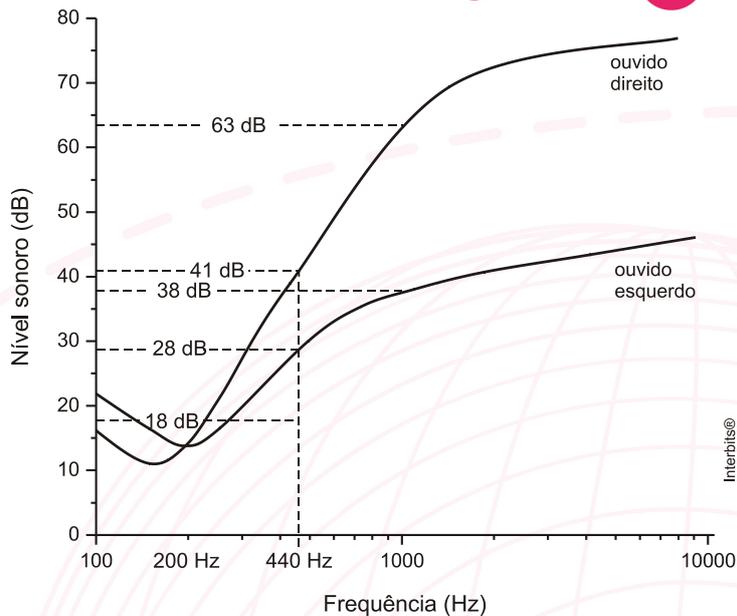
Analisando o gráfico, notamos que o período ( $T$ ) é ligeiramente maior que 2,5 ms.



Para o período de 2,5 ms, a frequência seria:  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,5 \times 10^{-3}} = 400 \text{ Hz}$ . Logo, a frequência é ligeiramente menor que 400 Hz, ou seja, está sendo emitida a nota sol.

**Resposta da questão 40:**

[E]



O gráfico nos dá a **menor** intensidade sonora que cada ouvido da pessoa pode perceber, ou seja: somente são escutados sons com intensidades **acima** da linha do gráfico para cada ouvido. Por exemplo, para a frequência de 1.000 Hz, o ouvido direito começa a ouvir a partir da intensidade de 63 dB e o esquerdo, a partir de 38 dB. Portanto, para frequências acima de 200 Hz, ele ouve melhor com o ouvido esquerdo do que com o ouvido direito. Para frequência abaixo de 200 Hz, ele ouve melhor com o ouvido direito do que com o esquerdo.

Assim, analisemos as opções:

- [A] **Errada.** Como mostra o gráfico, há uma pequena faixa onde a linha de 18 dB está acima dos dois gráficos, portanto os dois ouvidos podem escutar um sussurro de 18 dB.
- [B] **Errada.** Um som de frequência 440 Hz o ouvido esquerdo escuta a partir de 28 dB e, o direito, a partir de 41 dB.
- [C] **Errada.**
- [D] **Errada.**
- [E] **Correta.** Interpretando sussurros como sons de nível sonoro abaixo de 15 dB, frequências abaixo de 200 Hz, apenas o ouvido direito escuta.

**AULA**

**AULA POR HABILIDADE  
H01 + H22**

**Resposta da questão 1:**

[E]

De acordo com o enunciado: "... ocorre devido a diferentes formas de **superposição** entre raios luminosos **refletidos** por uma...".

Os termos grifados evidenciam que os fenômenos físicos diretamente relacionados com a iridescência são reflexão e interferência.

**Resposta da questão 2:**

[C]

A questão refere-se ao efeito Doppler. Quando o receptor está em repouso, a expressão da frequência aparente ( $f_{ap}$ ) do som captado é dada por:

$$f_{ap} = \frac{v}{v \pm v_F} f, \text{ em que } f \text{ é a frequência da fonte; } v \text{ é a velocidade do som e } v_F \text{ é a velocidade da fonte.}$$

Pela convenção de sinais:

- na aproximação  $\rightarrow v_F > 0 \therefore f_{ap} > f \Rightarrow$  o som captado é mais alto  $\rightarrow$  mais agudo;
- no afastamento  $\rightarrow v_F < 0 \therefore f_{ap} < f \Rightarrow$  o som captado é mais baixo  $\rightarrow$  mais grave.

**Resposta da questão 3:**

[D]

Como há uma aproximação relativa, o som percebido é mais **agudo** que o som emitido e a frequência refletida ( $f_r$ ) é **maior** que a frequência emitida ( $f_0$ )  $\rightarrow f_r > f_0$ .

**Resposta da questão 4:**

[A]

A extensão do túnel faz com que o intervalo entre a emissão e a recepção do som refletido seja pequeno, causando **reverberação**. Mas esse fenômeno ocorre também devido a ajuda da **interferência** de dois sons. Portanto, como não há interferência nas alternativas, fica claro que o gabarito é letra A.

**Resposta da questão 5:**

[B]

Aplicando a expressão do efeito Doppler para a fonte se aproximando e o ouvinte em repouso, tem-se:

$$f_{ap} = \frac{v + v_O}{v - v_F} f \Rightarrow f_{ap} = \frac{340 + 0}{340 - 40} \times 1.200 \Rightarrow f_{ap} = \frac{340}{300} \times 1.200 \Rightarrow \boxed{f_{ap} = 1.360\text{Hz}}$$

**Resposta da questão 6:**

[B]

O fenômeno é conhecido como **interferência** que pode ser construtiva, quando as ondas chegam ao ouvinte em fase (som mais alto) ou destrutiva, quando as mesmas são percebidas pelo ouvinte com menor intensidade (som mais baixo).

**Resposta da questão 7:**

[B]

De acordo com o efeito Doppler, quando há afastamento relativo entre a fonte e o receptor, a frequência recebida é menor que a frequência emitida pela fonte. Sabe-se que no espectro eletromagnético a frequência diminui do violeta para o vermelho. Quanto maior for a velocidade relativa de afastamento, mais as linhas se deslocam para o vermelho.

**Resposta da questão 8:**

[C]

O fenômeno da interferência decorre da superposição de ondas de mesma natureza e de **mesma frequência**. No caso, ondas eletromagnéticas.

**Resposta da questão 9:**

[A]

O último parágrafo do texto, mostra que a preocupação se baseia no fato de que a alta refletividade dos satélites dessas novas mega constelações irão ofuscar o brilho das estrelas, de forma que, em pouco tempo, o olho humano verá no céu noturno mais satélites do que estrelas.

**Resposta da questão 10:**

[D]

Da expressão do efeito Doppler:

$$\frac{f_{\text{det}}}{f_{\text{fonte}}} = \frac{v_{\text{som}} + v_{\text{det}}}{v_{\text{som}} - v_{\text{fonte}}} \Rightarrow \frac{f_{\text{det}}}{31500} = \frac{340}{340 - 40} \quad \therefore f_{\text{det}} = 35700 \text{ Hz.}$$

**Resposta da questão 11:**

[C]

Comentário:

O fenômeno demonstrado é a difração, que é a capacidade de uma onda sonora contornar obstáculos e esse efeito é tanto maior quanto maior for seu comprimento de onda.

**Resposta da questão 12:**

[C]

A diferença na frequência percebida das ondas em decorrência da velocidade relativa entre fonte e observador é explicada pelo efeito Doppler.

**Resposta da questão 13:**

[D]

Ao sofrerem refração, as ondas mantêm a sua frequência.

**Resposta da questão 14:**

[E]

Como se trata de eco, o som foi e voltou. Então:

$$2d = v \Delta t \Rightarrow d = \frac{v \Delta t}{2} = \frac{330 \cdot 6}{2} \Rightarrow d = 990 \text{ m}$$

**Resposta da questão 15:**

[A]

O fenômeno ondulatório que explica a alteração na frequência detectada pelo receptor de uma onda sonora ou eletromagnética, quando há movimento relativo entre o receptor e a fonte emissora, é chamado efeito Doppler.

**Resposta da questão 16:**

[B]

O espalhamento do feixe de luz através de um pequeno orifício é característica da difração da luz, através da qual também se pode observar um padrão de máximos e mínimos de intensidade luminosa.

**Resposta da questão 17:**

[B]

A superposição de ondas, resultando em reforço de alguns comprimentos de onda e aniquilação de outros é um fenômeno ondulatório conhecido como interferência. Quando esta interferência é



construtiva temos o reforço de alguma frequência e quando a interferência é destrutiva, como o nome diz, há aniquilação.

**Resposta da questão 18:**

[B]

O próprio fone possui um dispositivo que emite um sinal sonoro em oposição de fase com o som recebido, provocando o fenômeno de **interferência**, no caso, destrutiva.

**Resposta da questão 19:**

[A]

Após emitidas, as ondas são refletidas para que possam retornar ao animal para o seu reconhecimento da posição dos objetos. Ou seja, esta capacidade é permitida através da reflexão das ondas ultrassônicas.

**Resposta da questão 20:**

[E]

O fenômeno associado à propagação de uma onda num único plano chama-se polarização.

**Resposta da questão 21:**

[D]

Os fenômenos associados ao sonar são a reflexão, pois as ondas emitidas atingem o objeto e retornam ao emissor para aferição, e o efeito Doppler, que, através das variações das frequências percebidas, pode detectar o movimento relativo entre a fonte emissora e o objeto.

**Resposta da questão 22:**

[C]

Relação entre as velocidades do som para os diferentes meios:

$$v_{\text{sólidos}} > v_{\text{líquidos}} > v_{\text{gases}}$$

Portanto, as ondas sonoras têm a sua velocidade alterada no percurso entre os diferentes meios.

**Resposta da questão 23:**

[D]

Quanto maior a densidade do material, principalmente de componentes metálicos, menor a capacidade de penetração dos raios X. Comprometendo, assim, a visualização do interior das bagagens dos passageiros.

**Resposta da questão 24:**

[A]

Da condição de que as amplitudes das ondas devem ser constantes em cada tipo de superfície, podemos excluir as alternativas [B] e [C]. E, da condição de que a amplitude de oscilação no asfalto seja menor do que na estrada de chão, podemos excluir as alternativas [D] e [E]. Portanto, o gráfico que satisfaz as condições do problema é o gráfico da alternativa [A].

**Observação:** a rigor, como o eixo vertical se trata da amplitude, caso esta fosse constante em algum momento como diz o enunciado, o gráfico deveria ser representado por um segmento de reta paralelo ao eixo horizontal neste intervalo. Portanto, o mais correto seria dizer que a variação da amplitude é constante nos intervalos desejados, e não a amplitude em si.

**Resposta da questão 25:**

[C]

Quanto mais longo foi o fio, maior a dissipação de energia sonora, mais fraco (menos intenso) é o som recebido por Cascão. A intensidade do som está relacionada à **amplitude** da onda sonora.

Som menos intenso  $\Rightarrow$  som mais fraco  $\Rightarrow$  redução na amplitude

**Resposta da questão 26:**

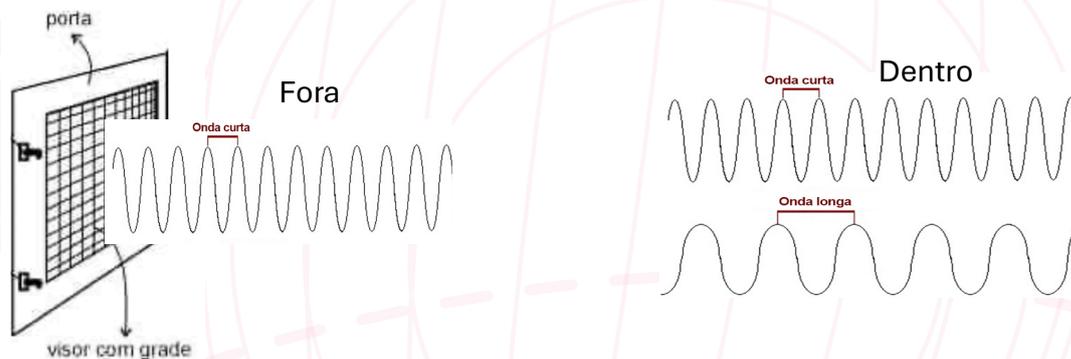
[D]

O filtro protetor solar absorve a luz impedindo que ocorra uma alta intensidade de luz atingindo a pele. Isso ocorre devido a polarização por absorção. Ou seja, temos o filtro solar sendo polarizado e sua intensidade é diminuída.

**Resposta da questão 27:**

[B]

A radiação micro-onda tem um elevado comprimento de onda (onda longa), e não consegue passar pelos espaços que a grade possui. Assim, a radiação micro-ondas não consegue difratar (contornar ou desviar), ficando presa dentro do micro-ondas. Já a luz visível, possui um pequeno comprimento de onda (onda curta) quando comparada com os espaços deixados pela grade. Logo a luz visível consegue sair, e com isso pode-se do lado de fora ver o alimento.



**Resposta da questão 28:**

[D]

Como citado no próprio comando da questão, houve uma mudança da velocidade de propagação da onda. O único fenômeno estudado que permite mudança de velocidade é a refração.

**Resposta da questão 29:**

[D]

A intensidade do som está relacionada à **amplitude** da onda sonora. O fenômeno responsável por diminuir a intensidade de uma onda quando ela se propaga em um meio é conhecido como amortecimento.

**Resposta da questão 30:**

[C]

Para um aparelho conectar com uma rede Wi-fi, o aparelho deve ter uma antena que se conecte a essa onda eletromagnética (Wi-fi). Logo, a conexão de uma onda com um receptor físico(a antena) ocorre devido ao fenômeno da ressonância.

**Resposta da questão 31:**

[E]

Seja  $u$  o módulo da velocidade de aproximação do golfinho, em relação a montanha, e  $v$  o módulo da velocidade do som na água.

A frequência da onda sonora emitida pelo golfinho é  $f = 100 \text{ kHz}$ .

Pela equação do defeito Doppler, a frequência ( $f_1$ ) da onda recebida e refletida pela montanha é:

$$f_1 = \frac{v}{v-u} f$$

A frequência ( $f_2$ ) da onda refletida captada pelo golfinho é:

$$f_2 = \frac{v+u}{v} f_1 \Rightarrow f_2 = \frac{v+u}{v} \times \frac{v}{v-u} f \Rightarrow f_2 = \frac{v+u}{v-u} f \Rightarrow f_2 > f \Rightarrow \boxed{f_2 > 100 \text{ kHz}}$$

A velocidade do som na água é:

$$v = \lambda f = 15 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^3 \Rightarrow \boxed{v = 1.500 \text{ m/s}}$$

Se o golfinho emitisse o som em repouso o tempo de ida e volta seria:

$$\Delta t = \frac{2d}{v} = \frac{2(1.500)}{1.500} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 2 \text{ s}}$$

Como o golfinho está se aproximando da montanha, esse tempo é menor que 2 segundos.

$$\boxed{\Delta t < 2 \text{ s}}$$

**Resposta da questão 32:**

[D]

Esse fenômeno é conhecido como Efeito Doppler, em que o observador percebe uma frequência aparente diferente da frequência da fonte emissora do som devido ao movimento relativo de ambos (observador e fonte). Quando esse movimento relativo é de aproximação a frequência aparente é mais alta que a da fonte e quando temos afastamento essa frequência aparente diminui.

Usando-se o referencial positivo no sentido observador-fonte, tem-se a expressão para a frequência aparente:

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

Em que:

$f'$  = Frequência aparente percebida pelo observador;

$f$  = Frequência emitida pela fonte;

$v$  = Velocidade do som;

$v_o$  = Velocidade do observador;

$v_f$  = Velocidade da fonte sonora.

Substituindo-se os valores fornecidos com o referencial adotado, tem-se:



$$f' = f \cdot \left( \frac{v \pm v_o}{v \pm v_f} \right) = 800 \text{ Hz} \cdot \left( \frac{(340 + 0) \text{ m/s}}{(340 - 20) \text{ m/s}} \right) \therefore f' = 850 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 33:**

[C]

A variação no comprimento equivale a meio comprimento de onda. Logo:

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} \Rightarrow v = 2f\Delta d$$

$$v = 2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,025$$

$$\therefore v = 1 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 34:**

[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 35:**

[B]

O fenômeno do batimento acontece quando temos duas ondas sonoras ressonantes de frequências ligeiramente diferentes, mas muito próximas em que percebemos nitidamente variações de intensidade do som resultante, causados pela interferência construtiva e destrutiva entre as duas ondas de frequências diferentes. Portanto, está correta a alternativa [B].

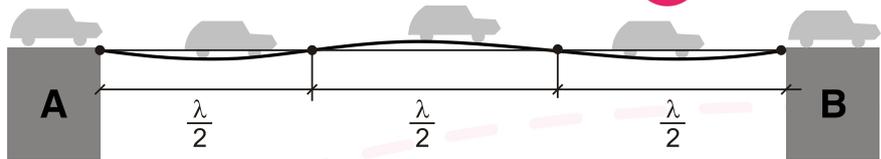
## AULA 4

### ONDAS ESTACIONÁRIAS

**Resposta da questão 1:**

[B]

Ampliando-se verticalmente a figura vemos melhor as posições dos nós e ventres.



Como sabemos,  $V = \lambda f \rightarrow 10 = \lambda \times 1 \rightarrow \lambda = 10\text{m}$

O comprimento da ponte é  $L = \frac{3\lambda}{2}$ . Portanto,  $L = \frac{3 \times 10}{2} = 15\text{m}$

**Resposta da questão 2:**

[E]

17 cm = 0,17m e usando a equação da frequência

$$f = \frac{n \cdot v}{4 \cdot l} \rightarrow f = \frac{1 \cdot 340}{4 \cdot 0,17} \rightarrow f = 500 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 3:**

[D]

Usando o primeiro harmônico:  $f_1 = 210 \text{ Hz}$   $n = 1$

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow 210 = \frac{1 \cdot 210}{2 \cdot l} \rightarrow l = 0,5 \text{ m ou } 50 \text{ cm}$$

**Resposta da questão 4:**

[B]

Dados:  $L = 3,4 \text{ cm} = 3,4 \times 10^{-2} \text{ m}$ ;  $v = 340 \text{ m/s}$ .

$f = n \frac{v}{4L}$ , primeiro harmônico ( $n = 1$ ).

$$f = \frac{340}{4 \times 3,4 \times 10^{-2}} = 25 \times 10^2 \text{ Hz} = 2,5 \times 10^3 \text{ Hz} \Rightarrow$$

$$f = 2,5 \text{ kHz.}$$

**Resposta da questão 5:**

[C]

80cm = 0,8m

Usando a equação da frequência para as cordas

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow 80 = \frac{4 \cdot v}{2 \cdot 0,8} \rightarrow v = 32 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 6:**

[E]

Se a intensidade da tração (**F**) na corda não se altera, a velocidade de propagação da onda também não se altera, pois, de acordo com a equação de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ sendo } \mu \text{ a densidade linear da corda.}$$

No primeiro harmônico de uma corda, forma-se nela um único fuso, ou seja:

$$\frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 2L.$$

Então:

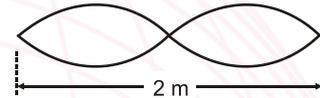
$$\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2 \Rightarrow 2 \cancel{\lambda} f_1 = \cancel{\lambda} f_2 \Rightarrow f_2 = 2 f_1 = 2(246) \Rightarrow f_2 = 492 \text{ Hz.}$$

**Resposta da questão 7:**

[B]

Dados:  $f = 10 \text{ Hz}$ ;  $\mu = 0,05 \text{ kg/m}$ ;  $L = 2 \text{ m}$ .

Como mostrado na figura a corda está vibrando no segundo harmônico



Calculando primeiro a velocidade

Usando a equação da frequência para as cordas

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow 10 = \frac{2 \cdot v}{2 \cdot 2} \rightarrow v = 20 \text{ m/s}$$

Calculando agora a força

Da equação de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ sendo } F \text{ a intensidade da força tensora na corda. Então:}$$

$$v^2 = \frac{F}{\mu} \Rightarrow F = \mu v^2 \Rightarrow F = 0,05 (20)^2 = 0,05 (400) \Rightarrow$$

$$F = 20 \text{ N.}$$

**Resposta da questão 8:**

[D]

Cada fuso corresponde a meio comprimento de onda. Temos três fusos. Então:

$$3 \frac{\lambda}{2} = 6 \Rightarrow \lambda = \frac{12}{3} \Rightarrow \lambda = 4 \text{ m.}$$

**Resposta da questão 9:**

[B]

O comprimento de onda ( $\lambda_1$ ) e a frequência ( $f_1$ ) do 1º harmônico de uma corda fixa nas duas extremidades são:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \\ \lambda_1 = 2L \end{array} \right\} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L}.$$

Como a velocidade é constante, não dependendo da ordem do harmônico, se o comprimento da corda é reduzido à metade, o comprimento de onda também se reduz à metade, dobrando a frequência do harmônico fundamental.

**Resposta da questão 10:**

[C]

Usando a equação do comprimento de onda para as cordas

$$l = \frac{n \cdot \lambda}{2} \rightarrow 0,5 = \frac{1 \cdot \lambda}{2} \rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

**Resposta da questão 11:**

[C]

O próximo é o 4º harmônico. No caso a flauta comporta-se como um tubo aberto, sendo a ordem do harmônico ( $n = 4$ ) igual a do número de fusos. Se o comprimento de um fuso é igual ao de meio comprimento de onda, tem-se:

$$4 \frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = \frac{L}{2}$$

**Resposta da questão 12:**

[B]

Utilizando os conceitos acerca de tubos fechados e sabendo que a frequência no tubo fechado é dada por:

$$f_i = i \cdot \frac{v}{4 \cdot L}$$

Onde,  $i$  é número do harmônico.

Assim, tratando-se do primeiro harmônico, temos que:

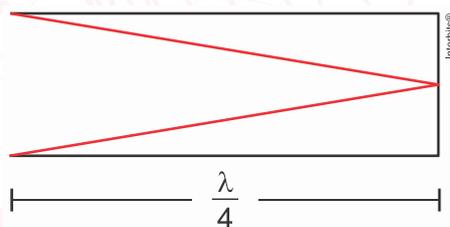
$$f_1 = 1 \cdot \frac{330}{4 \cdot L} = 375$$

$$L = \frac{330}{4 \cdot 375}$$

$$L = 0,22 \text{ m}$$

**Resposta da questão 13:**

[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 14:**

[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 15:**

[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 16:**

[D]

O comprimento de cada fuso é igual a meio comprimento de onda. No fio, há quatro fusos. Então:

$$4 \frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 2 \frac{L}{4} = \frac{2}{2} \Rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f = 1 \times 180 \Rightarrow v = 180 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 17:**

[D]

As barras que formam o “Mensageiro do Vento” são tubos abertos. A frequência fundamental de um tubo aberto é inversamente proporcional ao seu comprimento.

$$f = \frac{v}{2L}$$

A velocidade de propagação de uma onda depende somente do meio. Como o meio (ar) é o mesmo nos dois casos, a velocidade do som também é a mesma. Logo, o tubo de menor comprimento emite som de maior frequência (mais agudo). Então:

$$f_1 > f_2 \text{ e } v_1 = v_2$$

**Resposta da questão 18:**

[D]

A frequência fundamental de ressonância vale:

$$f = \frac{nv}{4L} = \frac{1 \cdot 340}{4 \cdot 0,025}$$

$$\therefore f = 3400 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 19:**

[B]

Aplicando a equação de Taylor, obtemos a velocidade da onda na corda:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{180}{4/5}} = \sqrt{225}$$

$$\therefore v = 15 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 20:**

[B]

Aplicando a equação do tubo fechado, obtemos:

$$f = \frac{nv}{4L}$$

$$2900 = \frac{1 \cdot v}{4 \cdot 0,03}$$

$$v = 348 \text{ m/s}$$

**Resposta da questão 21:**

[B]

Na figura são mostrados três fusos; cada fuso tem comprimento de “meia onda”:

$$3 \frac{\lambda}{2} = 3 \Rightarrow \lambda = 2\text{m}$$

A densidade linear da corda é:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{120}{2} = 40\text{g/m} \Rightarrow \mu = 0,04\text{kg/m}$$

Combinando a equação dada com a equação fundamental da ondulatória:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \lambda f \\ v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \end{array} \right\} \Rightarrow \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \lambda f \Rightarrow \frac{T}{\mu} = (\lambda f)^2 \Rightarrow$$

$$\frac{T}{0,04} = (2 \cdot 30)^2 = 0,04 \times 3.600 \Rightarrow \boxed{T = 144 \text{ N}}$$

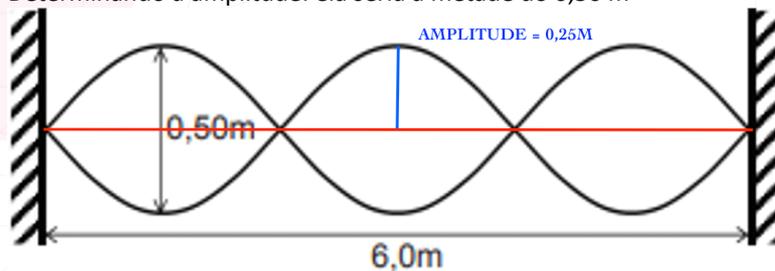
**Resposta da questão 22:**

[B]

Usando a equação do comprimento de onda para as cordas

$$l = \frac{n\lambda}{2} \rightarrow 6 = \frac{3\lambda}{2} \rightarrow \lambda = 4 \text{ m}$$

Determinando a amplitude: ela seria a metade do 0,50 m



Assim a amplitude vale 0,25m

**Resposta da questão 23:**

[E]

O que observamos nessa figura é o segundo harmônico.



Quando dobramos a frequência dobramos o harmônico, já que são grandezas diretamente proporcionais. Portanto vamos para o QUARTO harmônico.



**Resposta da questão 24:**

[D]

Usando a equação da frequência

$$f = \frac{n \cdot v}{4 \cdot l} \rightarrow f = \frac{3 \cdot 340}{4 \cdot 2} \rightarrow f = 127,5 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 25:**

[D]

Pela equação de Taylor, com aumento de tensão (força), teremos um aumento de velocidade.

$$\uparrow V = \sqrt{\frac{F \uparrow}{\delta}}$$

E com o aumento da velocidade temos um aumento de frequência.

$$\uparrow f = \frac{n \cdot v \uparrow}{2 \cdot l}$$

Portanto a única alternativa que encaixa com o raciocínio é a letra D.

**Resposta da questão 26:**

[C]

Usando a equação da frequência

$$f = \frac{n \cdot v}{4 \cdot l} \rightarrow 440 = \frac{1 \cdot 352}{4 \cdot l} \rightarrow l = 0,2 \text{ m ou } 20 \text{ cm}$$

Como a água se move 1 cm a cada 1 segundo e precisamos que ela se mova 20 cm, teremos, portanto, 20 segundos.

**Resposta da questão 27:**

[D]

Usando a equação da frequência para um tubo aberto

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow f = \frac{3 \cdot 300}{2 \cdot 5} \rightarrow f = 90 \text{ Hz}$$

**Resposta da questão 28:**

[C]

Dentro do micro-ondas é formada uma onda estacionária que se assemelha a uma corda.

Onde L é o comprimento interno do micro-ondas.

Usando a equação da frequência para cordas para calcular o n:

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow 2,5 \cdot 10^9 = \frac{n \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,36} \rightarrow n = 6$$

**Resposta da questão 29:**

[C]

Usando o primeiro harmônico

$$f = \frac{n \cdot v}{4 \cdot l} \rightarrow 500 = \frac{1.340}{4 \cdot l} \rightarrow l = 0,17 \text{ m ou } 17 \text{ cm}$$

**Resposta da questão 30:**

[C]

Usando o primeiro harmônico para a corda completa  $L = 60 \text{ cm}$  ou  $0,6 \text{ m}$

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow f = \frac{1.600}{2 \cdot 0,6} \rightarrow f = 500 \text{ Hz}$$

Usando o primeiro harmônico para  $2/3$  da corda (segunda situação)  $L = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$  ou  $0,4 \text{ m}$

$$f = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l} \rightarrow f = \frac{1.600}{2 \cdot 0,4} \rightarrow f = 750 \text{ Hz}$$

A diferença entre a primeira e segunda frequência é de  $250 \text{ Hz}$

**Resposta da questão 31:**

[C]

Utilizando a equação  $f = \frac{nv}{2L}$ , temos:

Situação inicial:

$$600 = \frac{3v}{2L} \Rightarrow \frac{v}{L} = 400 \quad (\text{I})$$

Situação final:

$$800 = \frac{1v}{2L'} \Rightarrow \frac{v}{L'} = 1600 \quad (\text{II})$$

Dividindo (I) e (II), chegamos a:

$$\frac{\cancel{v}}{L} = \frac{400}{\cancel{v}} \quad \therefore \frac{L'}{L} = \frac{1}{4}$$

**Resposta da questão 32:**

[C]

Para o tubo fechado em uma das extremidades, temos:

Situação inicial (1º harmônico):

$$v_{\text{som}} = f \cdot \lambda = f \cdot 4L$$

$$326 = 163 \cdot 4L$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

Situação final (5º harmônico):

$$v'_{\text{som}} = f' \cdot \lambda' = f' \cdot \frac{4L}{5}$$

$$v'_{\text{som}} = 2517,5 \cdot \frac{4 \cdot 0,5}{5}$$

$$v'_{\text{som}} = 1007 \text{ m/s}$$

Portanto, o gás é o hélio.

**Resposta da questão 33:**

[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 34:**

[C]

Da figura, observamos que  $n = 3$  (três nós) e  $L = 3,4 \text{ cm}$ . Substituindo esses valores na equação dada, obtemos:

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

$$\therefore f_3 = 15 \text{ kHz}$$

**Resposta da questão 35:**

[A]

Pela equação de Lagrange, determinamos a velocidade de propagação da onda:

$$f_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow 100 = \frac{3v}{2 \cdot 2} \Rightarrow v = \frac{400}{3} \text{ m/s}$$

Utilizando a lei de Taylor, determinamos o valor da tração na corda de aço:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow \frac{400}{3} = \sqrt{\frac{T}{10^{-3}}} \Rightarrow T = \frac{160}{9} \text{ N}$$

Portanto, a massa total do sistema água + panela é:

$$m_{\text{total}} = \frac{16}{9} \text{ kg} \cong 1,78 \text{ kg}$$

Sendo assim, a massa de água restante é igual a massa total menos a massa da panela:

$$m_{\text{água}} \cong 1,78 - 0,5$$

$$\therefore m_{\text{água}} \cong 1,28 \text{ kg}$$

**Resposta da questão 36:**

[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:

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

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

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