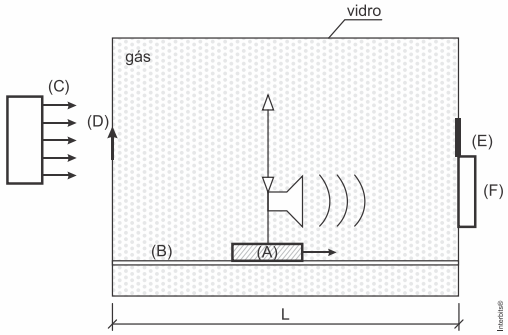
FOLHA 24

EXERCÍCIOS

1. (Ime 2020)



Um recipiente de vidro contendo gás tem uma lente convergente e uma fonte sonora presas a um suporte (A) que desliza no trilho (B) a velocidade constante. Um feixe laser (C), que ilumina o objeto (D), forma imagens reais nítidas por duas vezes em (E), separadas por uma diferença de tempo Δt, sendo que, entre a formação dessas duas imagens, chegam n bips (pulsos sonoros de mesma duração) no detector (F) e $n-1$ bips são emitidos pela fonte sonora. Considerando que o comprimento do recipiente é L e a distância focal da lente é f, determine a velocidade do som no gás.

2. (Ufjf-pism 3 2020) O ultrassom possui frequência acima do limite audível para o ser humano, ou seja, acima de $20\,kHz$, podendo alcançar vários giga-hertz. Pesquisadores em um submarino estão utilizando ultrassom para detectar a localização de um antigo navio preso em uma geleira, no polo sul. As ondas ultrassônicas propagam-se primeiramente no mar, onde se encontra o gerador de ultrassom, e seguem em direção à geleira. Sabemos que o ultrassom usado pelos pesquisadores tem velocidades de $1440\,m/s$, na água, e de $3840\,m/s$, no gelo, com um comprimento de onda na água de $36\,mm$. Podemos afirmar que o comprimento de onda, quando se propaga na geleira, em milímetros, é de:

a) 96 b) 36 c) 192 d) 144 e) 14,4

3. (G1 - ifsul 2020) O efeito Doppler é caracterizado pela mudança da frequência de uma onda percebida por um observador, em virtude do movimento relativo, de aproximação ou de afastamento, entre a fonte e esse observador. Tal efeito apresenta muitas aplicações práticas, dentre elas a determinação da velocidade de rotação de um tornado por uma antena de radar. Para isso, a antena pode medir a velocidade das gotas de água que se movem em direção à antena de um lado e que se afastam da antena de outro lado, resultando em um cálculo para determinação da velocidade.

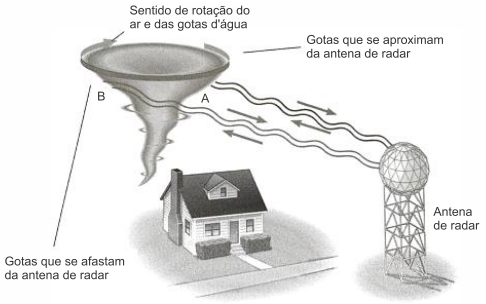
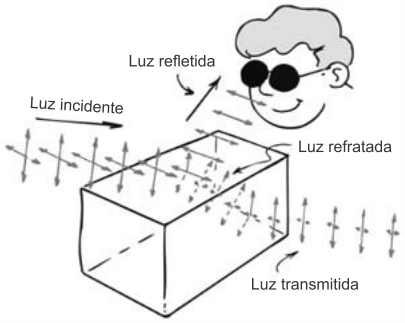


Figura extraída de Trefil & Hazen. *Física Viva*, vol. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

Levando em consideração o texto e os conhecimentos científicos sobre o efeito Doppler, qual é a alternativa que apresenta a explicação correta para a determinação da velocidade de rotação do tornado?

a) Na região A, a frequência da onda refletida é maior do que na região B. Isso ocorre porque, na aproximação entre as gotas de água do tornado e a antena do radar, a frequência da onda aumenta.
b) Na região A, a frequência da onda refletida é menor do que na região B. Isso ocorre porque, na aproximação entre as gotas de água do tornado e a antena do radar, a frequência da onda diminui.
c) Nas regiões A e B, a frequência da onda refletida aumenta, e o comprimento de onda diminui, em virtude do movimento de rotação do tornado.
d) Nas regiões A e B, a frequência da onda não se altera. A velocidade de rotação do tornado é determinada a partir da variação do comprimento de onda entre a onda incidente e a refletida.

4. (G1 - ifsul 2020) Leia o texto e responda à questão a seguir.
Lentes Polarizadas

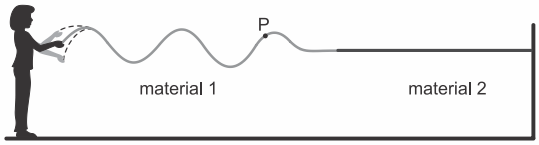


"Boa parte da luz refletida em superfícies não metálicas é polarizada. O brilho do vidro ou da água é um bom exemplo. A não ser para incidência perpendicular, o raio refletido contém mais vibrações paralelas à superfície refletora, enquanto o feixe transmitido contém mais vibrações em ângulos retos com as vibrações da luz refletida. O brilho das superfícies refletoras pode ser diminuído consideravelmente usando-se óculos escuros com lentes polaroides".

Fonte: HEWITT, Paul. *Física Conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Um motorista de automóvel, buscando filtrar a luz refletida pelo asfalto, deseja comprar um óculos com lente polarizada. Para tanto, o eixo de polarização mais adequado é o plano
a) vertical para as duas lentes.
b) horizontal para as duas lentes.
c) vertical para a lente esquerda e plano horizontal para a lente direita.
d) horizontal para a lente esquerda e plano vertical para a lente direita.

5. (Fuvest 2020) Uma pessoa produz oscilações periódicas em uma longa corda formada por duas porções de materiais diferentes 1 e 2, nos quais a velocidade de propagação das ondas é, respectivamente, de $5\,m/s$ e $4\,m/s$. Segurando a extremidade feita do material 1, a pessoa abaixa e levanta sua mão regularmente, completando um ciclo a cada $0{,}5\,s$, de modo que as ondas propagam-se do material 1 para o material 2, conforme mostrado na figura. Despreze eventuais efeitos de reflexão das ondas.



a) Circule, dentre os vetores abaixo, aquele que melhor representa a velocidade do ponto P da corda no instante mostrado na figura.

b) Calcule a frequência e o comprimento de onda no material 1.
c) Calcule a frequência e o comprimento de onda no material 2.

6. (Efomm 2020) Uma corda homogênea de massa não desprezível e comprimento L é pendurada no teto, sendo mantida na vertical, sustentando apenas seu próprio peso. Se uma perturbação é feita em sua extremidade inferior, o tempo que leva para essa perturbação se propague até a extremidade superior vale

a) $\sqrt{\frac{L}{2g}}$

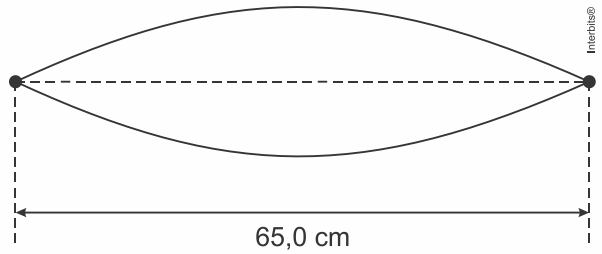
b) $\sqrt{\frac{2L}{g}}$

c) $2\sqrt{\frac{L}{g}}$

d) $\sqrt{\frac{7L}{g}}$

e) $3\sqrt{\frac{L}{g}}$

7. (Fmp 2020) Instrumentos musicais como o violão geram som a partir da vibração de suas cordas. A Figura abaixo é o esquema de uma corda de violão, vibrando e emitindo a nota lá, de frequência $110\,Hz$.



A velocidade de propagação, em m/s, da onda nessa corda é, aproximadamente,

a) $46{,}5$

b) $84{,}6$

c) 169

d) $71{,}5$

e) 143

8. (Efomm 2020) Ana brinca em um balanço, enquanto segura um diapasão vibrando a $520\,Hz$. O ponto mais alto de sua trajetória pendular está a $1{,}25$ metros de altura em relação ao ponto mais baixo. Enquanto isso, Beatriz, de altura semelhante a Ana e localizada em um ponto distante à frente do brinquedo, corre em direção à amiga com velocidade constante de $2\,m/s$. Supondo que o movimento oscilatório de Ana ocorre sem perda de energia, qual valor mais se aproxima da maior frequência que Beatriz irá ouvir durante sua trajetória? Considere $g = 10\,m/s^2$ e $v_{som} = 343\,m/s$.

a) $531\,Hz$.

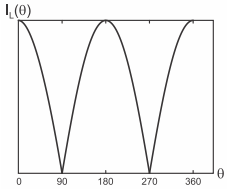
b) $533\,Hz$.

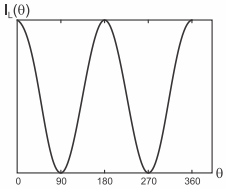
c) $535\,Hz$.

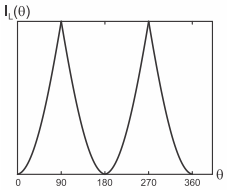
d) $536\,Hz$.

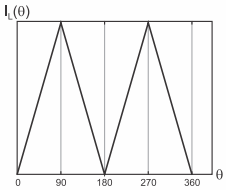
e) $538\,Hz$.

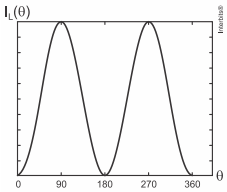
9. (Ime 2020) Um indivíduo instalou uma fonte de luz monocromática linearmente polarizada na roda do seu carro, irradiando em direção ortogonal à roda e paralela ao solo. O veículo está em movimento retilíneo em velocidade constante. Um detector linearmente polarizado desloca-se, acompanhando o eixo da roda, na mesma velocidade e sentido do carro. O gráfico da intensidade luminosa (I_L) captada pelo detector, em função do ângulo (θ), em graus, entre os planos de polarização da luz e do detector, é:

a)


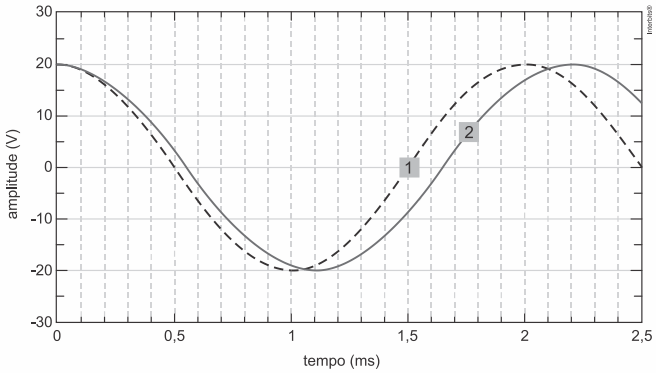
b)


c)


d)


e)


10. (Ufjf-pism 3 2020) Duas estudantes resolveram medir a velocidade de uma ambulância através do efeito Doppler, usando um detector para captar as ondas sonoras da sirene da ambulância. O sinal do detector é convertido em sinal elétrico, em volts. Primeiramente, elas mediram as ondas sonoras com a ambulância parada em relação ao detector. Depois elas mediram as ondas sonoras com a ambulância aproximando-se do detector. Os gráficos do sinal do detector, em função do tempo, estão mostrados na figura abaixo para as duas situações. No efeito Doppler, a frequência medida f' é dada por $f' = f_0 v_{som}/(v_{som} \pm v_{fonte})$, onde f_0 é a frequência da fonte, que tem velocidade v_{fonte}, a velocidade do som é $v_{som} = 340\,m/s$, e os sinais de $+$ ou $-$ na equação são usados a depender da velocidade relativa da fonte.



a) Qual das curvas, 1 ou 2, corresponde às medidas das ondas sonoras da ambulância parada em relação ao detector? Justifique.

b) Sabendo que a medida da frequência da ambulância parada, obtida do gráfico, é aproximadamente $455\,Hz$, qual a velocidade da ambulância em movimento?

11. (Ufsc 2020) Desde 2017, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) regulamentou a sinalização semafórica com sinal sonoro para travessia de pedestres com deficiência visual. O equipamento (figura abaixo) emite bipes para indicar o sinal verde (tempo de travessia) e o sinal amarelo (advertência de encerramento de travessia). Abaixo, encontra-se o quadro simplificado presente na resolução do CONTRAN, que mostra algumas especificações tais como intermitência (tempo entre dois bipes consecutivos) e frequência da onda emitida pela fonte sonora.

Momento	Intermitência	Frequência
Início do tempo de travessia	Pulso único que antecede o sinal sonoro de travessia	2.000 *Hz*
Travessia	1,0 *Hz*	2.000 *Hz*
Advertência de encerramento de travessia	2,0 *Hz*	2.000 *Hz*

Disponível em: www.trbn.com.br/materia/I3327/resolucao-obriga-instalacao-de-semaforos-com-aviso-sonoro-para-deficientes-visuais. Acesso em: 18 out. 2019.

Imagine dois transeuntes que atravessam a rua em sentidos opostos. Um deles é um garoto que atravessa a rua no sentido do sinal sonoro com velocidade de $4{,}0\ m/s$ e o outro é um senhor cego que atravessa a rua com velocidade de $2{,}0\ m/s$.

Sobre o assunto abordado e com base no exposto acima, é correto afirmar que:

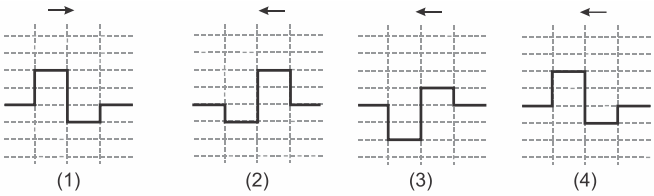
01) quando o garoto estiver na mesma posição da rua que o senhor, ambos percebem o som emitido pela fonte sonora com a mesma frequência.
02) o senhor percebe o som emitido pela fonte sonora com menor altura do que o garoto.
04) a intensidade do som depende da frequência da fonte sonora.
08) o garoto percebe o som da fonte sonora com frequência de aproximadamente $2023{,}5\ Hz$.
16) para os dois transeuntes, a intensidade do sinal de travessia é maior do que a do sinal de advertência de encerramento de travessia.
32) o som emitido pela fonte sonora para o sinal de travessia é mais agudo do que o som emitido pela fonte sonora para o sinal de advertência de encerramento de travessia.
64) no ar, a velocidade do som emitido pelo sinal de travessia tem o mesmo módulo da velocidade do som emitido pelo sinal de advertência de encerramento de travessia.

12. (Ufrgs 2020) Um bonito efeito de cor pode ser observado quando a luz solar incide sobre finas películas de óleo ou água. Ocorre que, quando um feixe de luz incide sobre a película, ele sofre duas reflexões, uma na superfície anterior e outra na superfície posterior. Assim, esses raios de luz refletidos percorrem diferentes caminhos, e sua superposição resulta em reforço de alguns comprimentos de onda e aniquilação de outros, dando origem às cores observadas.

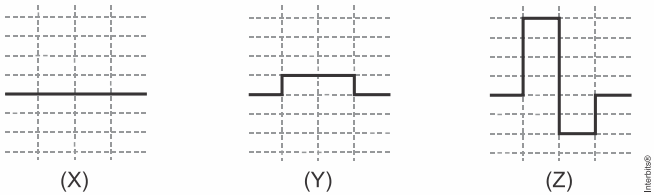
O fenômeno responsável por esse efeito é a

a) difração. b) interferência. c) polarização.
d) reflexão total. e) refração.

13. (Ufrgs 2020) Na figura abaixo, a onda 1 consiste em um pulso retangular que se propaga horizontalmente para a direita. As ondas 2, 3 e 4 são ondas semelhantes que se propagam para a esquerda ao longo dessa mesma direção.



As figuras abaixo representam interferências que ocorrem quando a onda 1 passa por cada uma das outras ondas.

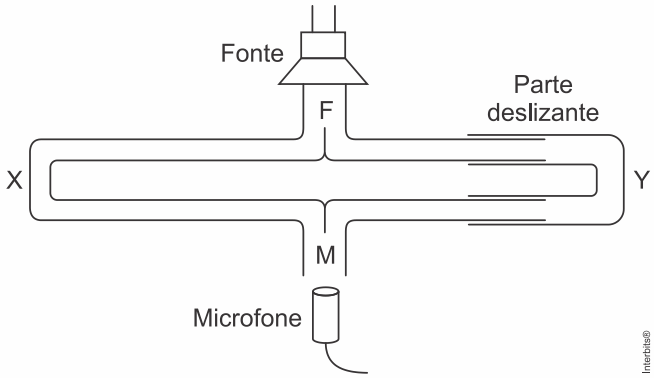


Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

As formas de ondas X, Y e Z resultam, respectivamente, da superposição da onda 1 com as ondas _____, _____ e _____.

a) 2 – 3 – 4
b) 2 – 4 – 3
c) 3 – 2 – 4
d) 3 – 4 – 2
e) 4 – 2 – 3

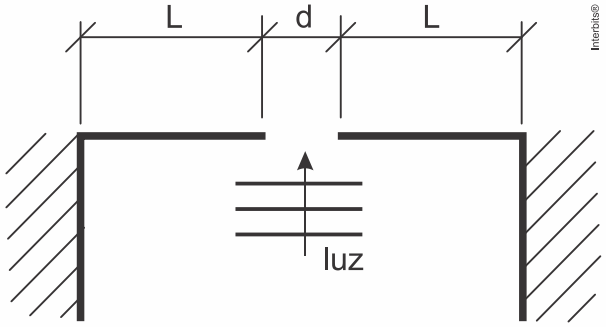
14. (Ita 2020) O som produzido pelo alto-falante F (fonte) ilustrado na figura tem frequência de $10\ kHz$ e chega a um microfone M através de dois caminhos diferentes. As ondas sonoras viajam simultaneamente pelo tubo esquerdo FXM, de comprimento fixo, e pelo tubo direito FYM, cujo comprimento pode ser alterado movendo-se a seção deslizante(tal qual um trombone). As ondas sonoras que viajam pelos dois caminhos interferem-se em M. Quando a seção deslizante do caminho FYM é puxada para fora por $0{,}025\ m$, a intensidade sonora detectada pelo microfone passa de um máximo para um mínimo.



Assinale o módulo da velocidade do som no interior do tubo.

a) $5{,}0 \times 10^2\ m/s$
b) $2{,}5 \times 10^2\ m/s$
c) $1{,}0 \times 10^3\ m/s$
d) $2{,}0 \times 10^3\ m/s$
e) $3{,}4 \times 10^2\ m/s$

15. (Ime 2020)



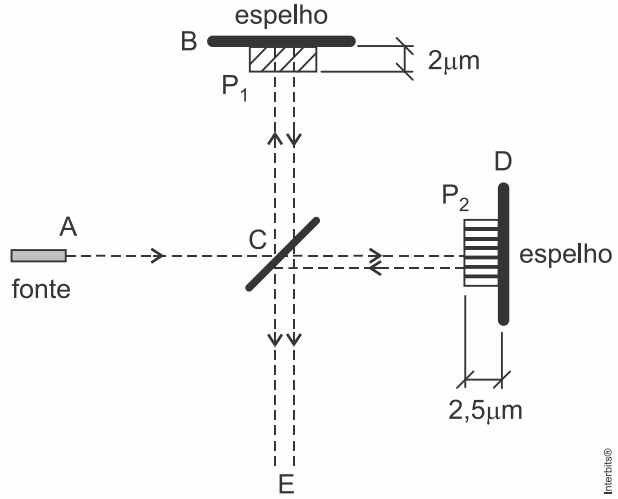
A figura mostra um sistema usado em um laboratório de física para demonstrar a difração de luz por uma fenda. A luz de um laser de comprimento de onda λ passa por uma fenda de largura d, formada pelo espaço entre as extremidades de duas barras de comprimento L. A outra extremidade de cada barra é mantida fixa. Depois de passar pela fenda, a luz incide em uma tela distante, na qual é observado um padrão de difração formado por regiões claras e escuras.

a) Dado que na tela são observados exatamente 3 mínimos de intensidade luminosa em cada lado do máximo central de intensidade, determine o intervalo de valores da largura d da fenda que são compatíveis com essa observação.

b) A temperatura do laboratório normalmente é mantida em $24{,}0\,°C$ por um aparelho de ar condicionado. Em um dia no qual o experimento foi realizado com o aparelho de ar condicionado desligado, observou-se na tela apenas 1 mínimo de intensidade luminosa em cada lado do máximo central de intensidade, o que foi atribuído à dilatação térmica das barras. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear das barras é α, determine o intervalo de temperaturas do laboratório, no dia em que o aparelho de ar condicionado foi desligado, que são compatíveis com essa observação.

Dados:
- comprimento de onda do laser: $\lambda = 532\ nm$;
- comprimento de cada barra a $24{,}0\,°C$: $L = 50\ cm$;
- coeficiente de dilatação linear de cada barra: $\alpha = 10^{-7}\ °C^{-1}$.

16. (Ime 2020)



Uma fonte luminosa A emite uma luz com comprimento de onda $\lambda = 500\ nm$, no vácuo, na direção de um anteparo localizado em C. Em frente ao espelho localizado em B, encontra-se a película P_1 com índice de refração $n_1 = 125$ e, em frente ao espelho localizado em D, encontra-se uma a película P_2 com índice de refração n_2.

Observações:
- os espelhos equidistam do centro do anteparo C;
- após ser emitido do ponto A, o feixe de luz reflete em direção a B e refrata em direção a D;
- após refletir em B, o feixe refrata diretamente em direção a E; e
- após refletir em D, o feixe volta a refletir totalmente em C em direção a E.

O menor índice de refração n_2 para que ocorra interferência totalmente destrutiva para um observador localizado em E, é

a) $1{,}00$
b) $1{,}05$
c) $1{,}15$
d) $1{,}20$
e) $1{,}25$

17. (Efomm 2020) Um papel com um pequeno orifício é colocado no trajeto de um feixe de *laser*. O resultado que se observa no anteparo sobre o qual a luz incide após passar pelo orifício mostra um padrão de máximos e mínimos de intensidade luminosa. O fenômeno responsável por esse padrão é chamado de
a) refração.
b) difração.
c) dispersão.
d) interferência.
e) reflexão.

RESOLUÇÕES

1. Pela equação de Gauss, é possível determinar as posições das imagens:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}\Rightarrow\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{L-p}\Rightarrow p^2-pL+fL=0$$

Resolvendo, chegamos a:

$$p_1=\frac{L+\sqrt{L^2-4fL}}{2}\ \text{ e }\ p_2=\frac{L-\sqrt{L^2-4fL}}{2}$$

Podemos observar que $p_1+p_2=L$, que foi assumida como constante. Logo, a velocidade da fonte será dada por:

$$v_{fonte}=\frac{p_1-p_2}{\Delta t}=\frac{\sqrt{L^2-4fL}}{\Delta t}$$

Pela equação do Efeito Doppler, obtemos:

$$f_{obs}=f_{fonte}\left(\frac{v_{som}\pm v_{obs}}{v_{som}\pm v_{fonte}}\right)\Rightarrow\frac{n}{\Delta t}=\frac{n-1}{\Delta t}\left(\frac{v_{som}}{v_{som}-v_{fonte}}\right)$$

$$nv_{som}-nv_{fonte}=nv_{som}-v_{som}\Rightarrow v_{som}=nv_{fonte}$$

$$\therefore v_{som}=\frac{n\sqrt{L^2-4fL}}{\Delta t}$$

2. A

Pela equação fundamental da ondulatória, vem:

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

Como a frequência não se altera com a refração das ondas, temos que:

$$\frac{v_{água}}{\lambda_{água}}=\frac{v_{gelo}}{\lambda_{gelo}}\Rightarrow\frac{1440}{36}=\frac{3840}{\lambda_{gelo}}$$

$$\therefore\lambda_{gelo}=96\ mm$$

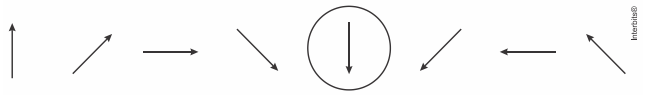
3. A

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.

4. A

Como os raios de luz refletidos contém mais vibrações paralelas à superfície, ou seja, horizontais, usando lentes polarizadas na vertical para ambas as lentes, estes raios refletidos não serão vistos pelo motorista.

5. a) Sendo a onda estacionária, os pontos da corda podem ter velocidades para cima, para baixo ou nulas. Como o ponto P encontra-se na parte superior da onda, a sua velocidade deve estar dirigida para baixo. Portanto:



b) Para o material 1, temos:

$$f_1=\frac{1}{T_1}=\frac{1}{0{,}5}\Rightarrow\therefore f_1=2\ Hz$$

$$v_1=\lambda_1 f_1\Rightarrow 5=\lambda_1\cdot 2$$

$$\therefore\lambda_1=2{,}5\ m$$

c) Como a frequência não se altera após a refração, temos que:

$$f_2=f_1=2\ Hz$$

Logo:

$$v_2=\lambda_2 f_2\Rightarrow 4=\lambda_2\cdot 2$$

$$\therefore\lambda_2=2\ m$$

6. C

Pela equação de Taylor:

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

Sendo x/L a fração da corda abaixo da perturbação, obtemos a velocidade para o comprimento x:

$$v=\sqrt{\frac{\frac{mgx}{L}}{\frac{m}{L}}}=\sqrt{gx}$$

Aplicando a equação de Torricelli:

$$v^2=v_0{}^2+2a\Delta s\Rightarrow\left(\sqrt{gL}\right)^2=0^2+2aL\Rightarrow$$

$$a=\frac{g}{2}$$

Aplicando agora a equação horária da velocidade, obtemos:

$$v=v_0+at\Rightarrow\sqrt{gL}=0+\frac{g}{2}t\Rightarrow\therefore t=\frac{2\sqrt{gL}}{g}=2\sqrt{\frac{L}{g}}$$

7. E

A figura mostra que a metade do comprimento da onda é a distância entre os dois nós sucessivos.

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

Da equação fundamental das ondas, que trás uma relação entre velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência dada, temos:

$$v=\lambda\cdot f$$

Assim, substituindo os valores, obtemos:

$$v=2d\cdot f=2\cdot 65\ cm\cdot 110\ Hz\xrightarrow{Hz=s^{-1}}$$

$$v=14300\ \frac{cm}{s}=143\ \frac{m}{s}$$

8. A

Velocidade máxima de Ana (ponto mais baixo da trajetória):

$$E_p=E_c\Rightarrow mgh=\frac{mv^2}{2}\Rightarrow v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\cdot 10\cdot 1{,}25}\Rightarrow v=5\ m/s$$

Aplicando a equação do Efeito Doppler com uma menina em direção a outra, temos:

$$f_{ap}=f_f\left(\frac{v_{som}\pm v_o}{v_{som}\pm v_f}\right)=520\left(\frac{343+2}{345-5}\right)\Rightarrow\therefore f_{ap}\cong 531\ Hz$$

9. B

Pela lei de Malus:

$$I=I_0\cos^2(\omega t)$$

Sendo assim, a alternativa [B] é a única que representa corretamente a relação $I\times\theta$, com $\theta=\omega t$.

10. a) Períodos das ondas 1 e 2:

$$T_1=2\ ms\ \text{ e }\ T_2=2{,}2\ ms$$

Frequências das ondas 1 e 2:

$$f_1=\frac{1}{T_1}=\frac{1}{2\cdot 10^{-3}}\Rightarrow f_1=500\ Hz$$

$$f_2=\frac{1}{T_2}=\frac{1}{2{,}2\cdot 10^{-3}}\Rightarrow f_2\cong 454{,}5\ Hz$$

A ambulância parada deve possuir o menor valor dentre as frequências, sendo portanto, correspondente à curva 2.

b) Aplicando a fórmula do efeito Doppler, chegamos a:

$$500=455\cdot\frac{340}{340-v}\Rightarrow 340-v=309{,}4$$

$$\therefore v=30{,}6\ m/s=110\ km/h$$

11. 02 + 08 + 64 = 74.
Análise das afirmativas:
[01] Falsa. As frequência aparentes percebida pelas duas pessoas são diferentes devido ao Efeito Doppler, pois o garoto se aproxima da fonte sonora então sente um som mais agudo (mais alto) enquanto o senhor que se afasta da fonte sente um som mais grave (mais baixo) em relação à fonte. Essas frequências aparentes não dependem da posição em relação à fonte, mas sim das velocidades relativas entre a fonte e os observadores.
[02] Verdadeira. O senhor percebe uma frequência menor que a fonte, ou seja, um som com menor altura porque está se afastando da fonte.
[04] Falsa. A intensidade sonora da fonte depende de três grandezas: diretamente da energia da onda, inversamente da área esférica entre a fonte e o observador e inversamente do tempo. Podemos ainda substituir a razão energia / tempo pela potência da fonte, assim a expressão da intensidade sonora fica:

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} = \frac{P}{A} \therefore I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

[08] Verdadeira. Usando a equação do Efeito Doppler para calcular a frequência aparente f' do garoto, temos:

$$f' = f\frac{v \pm v_o}{v \pm v_f}$$

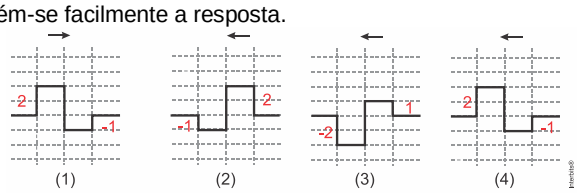
onde
$f' =$ frequência aparente sentida pelo observador;
$f =$ frequência da fonte;
$v =$ velocidade da onda no meio $\left(v_{som}(ar) = 340\ m/s\right)$;
$v_o =$ velocidade do observador em relação a um referencial inercial $\begin{cases} +, aproxima \\ -, afasta \end{cases}$
$v_f =$ velocidade da fonte em relação ao mesmo referencial $(v_f = 0)$.

$$f' = 2000\ Hz\frac{340\ m/s + 4\ m/s}{340\ m/s \pm 0} \therefore f' = 2023{,}5\ Hz$$

[16] Falsa. A intensidade do sinal de advertência do encerramento da travessia é maior do que a do sinal de travessia, pois sua intermitência tem o dobro do valor.
[32] Falsa. Os dois sons têm a mesma frequência, portanto ambos têm a mesma altura sonora.
[64] Verdadeira. A velocidade do som no ar é a mesma para os dois tipos de sinais sonoros.

12. 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.

13. C
A partir das amplitudes de cada pulso de onda representadas no gráfico abaixo, realizando-se a soma da onda 1 com cada outra, obtém-se facilmente a resposta.



A onda 1 quando sobreposta à onda 2 irá produzir a forma Y, com a 3 resulta na forma X e com a 4 obtém-se a forma Z.
Portanto, a resposta na ordem solicitada é 3 – 2 – 4.

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

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} \Rightarrow v = 2f\Delta d$$
$$v = 2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0{,}025$$
$$\therefore v = 1 \cdot 10^3\ m/s$$

15. a) Utilizando a equação $d\,sen\,\theta = n\lambda$, para a situação descrita, devemos ter que $\theta = 90°$ e $3\lambda \le d\,sen\,\theta < 4\lambda$. Logo:

$$3 \cdot 532\ nm \le d \cdot 1 < 4 \cdot 532\ nm$$
$$\therefore 1596\ nm \le d < 2128\ nm$$

b) Sendo d' o valor final de d, pela dilatação linear das barras, obtemos:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta\theta$$
$$d - d' = 2L\alpha\Delta\theta$$

Para que haja apenas um mínimo, o 1º deve estar no máximo em $\theta = 90°$ e o 2º deve estar em $\theta = 90°$. Sendo assim:

$$\lambda \le d'\,sen\,\theta < 2\lambda$$
$$532\ nm \le d' < 1064\ nm$$

Logo, $d - d'$ pode ser:

$$1596\ nm - 532\ nm = 1064\ nm$$
$$1596\ nm - 1064\ nm = 532\ nm$$
$$2128\ nm - 532\ nm = 1596\ nm$$
$$2128\ nm - 1064\ nm = 1064\ nm$$

Levando em consideração a menor e a maior variação:
$532\ nm \le \Delta L \le 1596\ nm$
Portanto:

$$532 \cdot 10^{-9} = 2 \cdot 50 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-7} \cdot \left(\theta_{mín} - 24\right) \Rightarrow$$
$$\theta_{mín} = 29{,}32\ °C$$
$$1596 \cdot 10^{-9} = 2 \cdot 50 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-7} \cdot \left(\theta_{máx} - 24\right) \Rightarrow$$
$$\theta_{máx} = 39{,}96\ °C$$
$$\therefore 29{,}32\ °C \le \theta < 39{,}96\ °C$$

16. B
Devemos ter que:

$$2\left|d_1 - d_2\right| = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow$$
$$2\left|\begin{matrix}\left[\left(d - 2 \cdot 10^{-6}\right) \cdot 1 + 2 \cdot 10^{-6} n_1\right] - \\ \left[\left(d - 2{,}5 \cdot 10^{-6}\right) \cdot 1 + 2{,}5 \cdot 10^{-6} n_2\right]\end{matrix}\right| =$$
$$\frac{n \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{2} \Rightarrow$$
$$2\left|\begin{matrix} d - 2 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}25 - d + \\ 2{,}5 \cdot 10^{-6} - 2{,}5 \cdot 10^{-6} n_2 \end{matrix}\right| =$$
$$n \cdot 0{,}25 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$
$$2\left|3 \cdot 10^{-6} - 2{,}5 \cdot 10^{-6} n_2\right| = n \cdot 0{,}25 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$
$$\left|3 - 2{,}5 n_2\right| = n \cdot 0{,}125$$
$$\text{Para } n = 1: \quad n_2 = 1{,}15$$
$$\text{Para } n = 3: \quad n_2 = 1{,}05$$

Portanto, o menor índice de refração é $1{,}05$.

17. 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.