FÍSICA 3 – Volume 2
RESOLUÇÕES – EXERCITANDO EM CASA

AULA 11

01. B

À medida que as ondas se aproximam da costa, a profundidade do mar diminui, alterando a velocidade de propagação das ondas e o comprimento de onda, mas mantendo a frequência das ondas constante. Este fenômeno ondulatório é chamado de REFRAÇÃO e obedece a equação definida como Lei de Snell-Descartes.

02. C

Utilizando os dados fornecidos pelo enunciado, analisando a propagação no ar, temos que:

$$v = c = \lambda \cdot f$$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{5} = 0{,}6 \cdot 10^8 \text{ Hz}$$

$$f = 6 \cdot 10^7 \text{ Hz}$$

Sabendo que a frequência não varia quando ocorre refração (a frequência depende somente da fonte que está emitindo a onda), analisando a propagação na água:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \frac{2{,}1 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^7}$$

$$\lambda = 3{,}5 \text{ m}$$

Logo, alternativa correta é a [C].

03. A

A frequência nunca muda por depender da fonte. Como a velocidade muda, o comprimento de onda também muda. Não esqueça V = λf.

04. D

Quanto uma onda sofre refração, a frequência não se altera.
Então, da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \frac{v_{ar}}{v_{água}} = \frac{\lambda_{ar} \times \cancel{f}}{\lambda_{água} \times \cancel{f}} \Rightarrow \frac{\lambda_{ar}}{\lambda_{água}} = \frac{v_{ar}}{v_{água}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_{ar}}{\lambda_{água}} = \frac{300}{1500} \Rightarrow \boxed{\frac{\lambda_{ar}}{\lambda_{água}} = \frac{1}{5}.}$$

05. B

A frequência não é alterada pela mudança de meio (refração).
Assim, a afirmação de Bernardo é falsa.
Sabemos que v = $\lambda \cdot$ f. Como f é constante, v e λ são diretamente proporcionais.

No meio II, as distâncias entre as cristas são menores, ou seja, menor comprimento de onda, λ, quando em comparação com o meio I. Se houve redução no comprimento de onda, então houve redução na velocidade.

Assim, o comentário do aluno Rodrigo está correto.

06. A

07. C

Da figura, temos:

$$\lambda + \frac{1}{2}\lambda = 6 \to \lambda = 4\text{m}$$

Utilizando a equação fundamental da ondulatória:

$$V_1 = \lambda_1 f \to 8 = 4f \to f = 2\text{Hz}$$

Quando a perturbação passa a se propagar na corda BC, a velocidade de propagação e o comprimento de ondas irão ser alterados, no entanto, a frequência permanecerá constante. Disto, decorre que:

$$V_2 = \lambda_2 f \to 10 = \lambda_2 2 \to \lambda_2 = 5\text{m}$$

08. D

Da fórmula de Taylor:

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

concluímos que quanto maior for a densidade linear da corda (isto é, quanto mais grossa for a corda), menor será a velocidade de propagação da onda nela. Como $\mu_1 > \mu_2$, então $V_2 > V_1$. Por outro lado, da equação fundamental da ondulatória, temos que:

$$V = \lambda f$$

Concluímos que quanto maior for a velocidade de propagação da onda, para uma mesma frequência, maior será o comprimento de onda associado. Disto decorre que:

$$\lambda_2 > \lambda_1$$

Portanto, a alternativa correta é a D.

09. E

O pulso refratado nunca sofre inversão de fase. O refletido sofre inversão quando o sentido de propagação é da corda mais densa para a menos densa. Para cordas, a mais densa é mais refringente, portanto, no caso, a velocidade do pulso refratado diminui.

Há, realmente, várias falhas na questão:

1ª) Em relação ao pulso incidente, a amplitude do pulso refletido deveria ser menor, pois, para ondas mecânicas, a energia transportada depende da amplitude. Verificando com régua, isso não ocorre em nenhuma das figuras mostradas.

2ª) Em relação ao pulso incidente, o comprimento do pulso refratado deveria ser menor, pois a velocidade diminui.

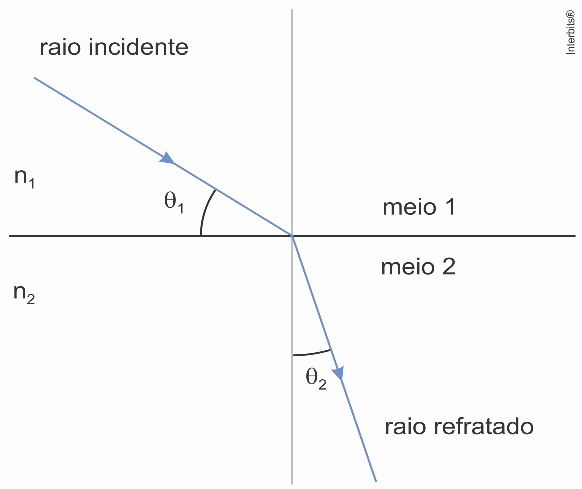
3ª) Em relação à fronteira de separação das duas cordas, após a chegada do pulso incidente, o pulso refratado deveria percorrer menor distância que o pulso refletido, pois a velocidade diminui. Isso também não ocorre. Aliás, ocorre exatamente o contrário, o pulso refratado percorre distância maior.

Rigorosamente, não há opção correta.
Porém, em provas de múltipla escolha, tem-se sempre que assinalar alguma das opções. Ficamos com a mais adequada à situação, item [E].

10. A
Em toda refração a frequência da onda permanece constante. Por outro lado, a luz ao passar do ar para água tem sua velocidade de propagação V reduzida. Da equação fundamental da ondulatória, $V = \lambda f$, concluímos que o comprimento de onda λ também diminui. Portanto, a alternativa correta é a A.

AULA 12

01. C
Esquematicamente, temos:



Sabendo que o índice de refração *n* é a razão entre a velocidade da luz no vácuo *c* e a velocidade da luz no meio *v* para cada um, temos a relação:
$n_1 = c/v_1$ (1)
e
$n_2 = c/v_2$ (2)
Isolando as velocidades em cada equação e fazendo a divisão:
$v_1 = c/n_1$
$v_2 = c/n_2$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\cancel{c}/n_1}{\cancel{c}/n_2} \therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

Agora, usando a Lei de Snell, podemos relacionar os índices de refração entre si, assim obtemos uma nova relação entre as velocidades.
$n_1 \cdot \text{sen}\ \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\ \theta_2$ (4)

Isolando n_2 da equação (4) e substituindo na equação (3) usando os valores para os senos dos ângulos dados, resulta:

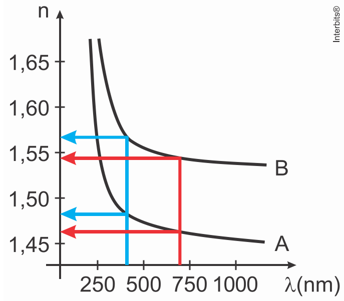
$$n_2 = \frac{n_1 \times \text{sen}\ \theta_1}{\text{sen}\ \theta_2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{\cancel{n_1} \cdot \text{sen}\ \theta_1}{\text{sen}\ \theta_2}}{\cancel{n_1}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{sen}\ \theta_1}{\text{sen}\ \theta_2} =$$

$$= \frac{\text{sen}\ 60^\circ}{\text{sen}\ 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} \therefore \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{3}}$$

02. A
Questão anulada no gabarito oficial.
Análise de todas as alternativas:
[A] **Verdadeira.** A velocidade da luz no meio é inversamente proporcional ao índice de refração, portanto observando-se o gráfico, para 500 nm (luz verde), $n_B > n_A$, logo: $v_B < v_A$.

[B] **Falsa**. Basta analisar o gráfico:



Conclui-se que para os dois vidros, o índice de refração na região do azul é maior que na região do vermelho.

[C] **Falsa**. Como pode-se constatar pelo gráfico acima, o índice de refração na região do vermelho é **maior** para o vidro B em relação ao vidro A.

[D] **Falsa**. Usando a Lei de Snell:
$n_{ar} \cdot \text{sen}\ \theta_i = n_{vidro} \cdot \text{sen}\ \theta_r$
Considerando-se $n_{ar} = 1$, temos:
$\text{sen}\ 30^\circ = n_{vidro} \cdot \text{sen}\ \theta_r$

Logo, quanto maior for o índice de refração (vidro B) menor será o seno do ângulo de refração e menor é o ângulo de refração.
Portanto, $\text{sen}\ 30^\circ > \text{sen}\ \theta_r \Rightarrow \theta_r < 30^\circ$

[E] **Falsa**. A velocidade da luz no meio é inversamente proporcional ao índice de refração, como visto no item [A], para 500 nm (luz verde), $n_B > n_A$, logo: $v_B < v_A$ e ambos os vidros tendo índice de refração maior que 1, ambas as velocidades de propagação diminuem ao passar do ar para cada vidro e também seus respectivos comprimentos de onda.
Mas, a velocidade e o comprimento de onda são diretamente proporcionais, de acordo com a equação $f = \frac{v}{\lambda}$, então $\lambda_B < \lambda_A$ para a situação proposta.
Com isso, conclui-se que a questão possui mais de uma resposta correta, sendo este o motivo da anulação.

03. D
Como o raio refratado se aproxima da normal, o índice de refração do meio 2 é maior que o índice de refração do meio 1, com isso, a velocidade do raio refratado e também o comprimento da onda diminui, mas a frequência da onda permanece inalterada.

04. C

Como o índice de refração da água é maior que o índice de refração do ar, pode-se dizer que, após a refração, a luz irá aproximar-se da reta normal à superfície.
Diante disto, o cone terá a abertura diminuída.

05. D

Nota-se que o raio refratado aproxima-se da normal ($\beta > \alpha$), sendo o meio B mais refringente que A, logo a relação entre os índices de refração é:
$n_B > n_A$
A velocidade de propagação da lua é mais lenta no meio mais refringente, portanto:
$v_B < v_A$

06. A

O acrílico possui índice de refração muito próximo ao da água, então, dessa forma, um telespectador é facilmente enganado. Um outro truque é aquele que se mergulha um bastão de vidro em um copo de vidro com glicerina, irá parecer que o bastão desapareceu.

07. B

$$n = \frac{c}{v}$$
$$v = \frac{c}{n}$$
$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5}$$
$$v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$
$$v = 2 \cdot 10^5 \text{ km/s}$$

08. A

Da Lei de Snell-Descartes, chegamos a:
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$
Em que os termos de índice 1 e 2 se referem ao feixe de luz propagando-se no ar e no diamante respectivamente. Substituindo os valores dados no enunciado (com $n_1 = 1$), obtemos:
$$\frac{2,4}{1} = \frac{0,589 \cdot 10^{-6}}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = 0,2454 \times 10^{-6} \text{ m}$$
$$\therefore \lambda_2 = 2454\ \mathring{A}$$
Também devemos ter:
$$n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow n_2 = \frac{c}{\lambda_2 f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{c}{n_2 \lambda_2}$$
Substituindo os valores, chegamos à frequência pedida:
$$f_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 0,2454 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow f_2 = 5,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$
$$\therefore f_2 = 5,1 \cdot 10^{11} \text{ kHz}$$

09. B

Pela Lei de Snell-Descartes relaciona-se o índice de refração de uma substância com o seu ângulo de refração, tendo:
$n_1 \cdot \text{sen } r_1 = n_2 \cdot \text{sen } r_2$

Então, conclui-se que quanto maior o índice de refração menor é o ângulo de refração, portanto:
$\theta_{\text{água}} > \theta_{\text{álcool etílico}} > \theta_{\text{solução de açúcar}}$

10. B

Da definição de índice de refração:
$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} \Rightarrow \begin{cases} v_a = \dfrac{3 \cdot 10^8}{1,4} \Rightarrow \boxed{v_a = 2,14 \times 10^8 \text{ m/s.}} \\ v_b = \dfrac{3 \cdot 10^8}{1,6} \Rightarrow \boxed{v_b = 1,87 \times 10^8 \text{ m/s.}} \end{cases}$$

AULA 13

01. B

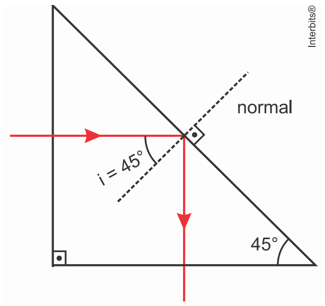
A miragem ocorre, devido às camadas de ar próximas ao asfalto da estrada serem bem mais quentes que as camadas superiores, com isso, diminuindo a densidade deste ar, provocando refração e reflexão da luz que chega aos nossos olhos formando o fenômeno.

02. B

A rigor, não há alternativa correta. A resposta dada como correta [B] afirma que só pode ocorrer reflexão total quando a luz passa de um meio mais refringente para um menos refringente. Ora, se a luz passa não ocorre reflexão total.
Essa afirmação ficaria melhor se alterada para:
A reflexão total só pode ocorrer quando o ***sentido de propagação*** *da luz é do meio mais refringente para um menos refringente. Quando ocorre reflexão total a luz não passa.*

03. B

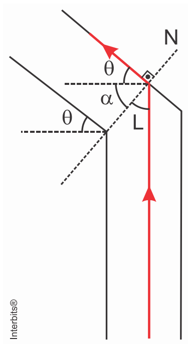
A figura mostra os ângulos relevantes para a resolução.



Está ocorrendo o fenômeno da reflexão, que se dá quando a onda, no caso, luminosa, se propaga no sentido do meio mais refringente (prisma) para o menos refringente (ar), incidindo na interface dos dois meios com ângulo maior que o ângulo limite.
$$i > L \Rightarrow \text{sen } i > \text{sen } L \Rightarrow \text{sen } 45° > \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} > \frac{1}{n} \Rightarrow \boxed{n > \sqrt{2}.}$$

04. A

O ângulo θ deve ser tal que o raio não sofra refração para a água. Ou seja, o ângulo de incidência na superfície da casca deve ser maior que o ângulo limite (L), mostrado na figura.



Pela lei de Snell, calcula-se o valor de L.

$$n_f \operatorname{sen} L = n_a \operatorname{sen} 90° \Rightarrow \operatorname{sen} L = \frac{n_a}{n_f} = \frac{1,5}{3} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = 30°.$$

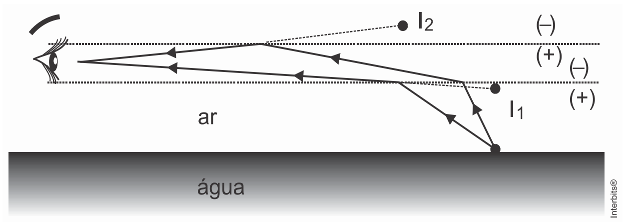
Da figura:

$$\left\{\begin{matrix} \theta + \alpha = 90° \\ L + \alpha = 90° \end{matrix}\right\} \Rightarrow \theta = L = 30°.$$

Então, para que o raio não saia da fibra o ângulo θ deve ser maior que 30°.

Assim: $\boxed{\theta > 30°.}$

05. B



A figura ilustra dois raios que atingem o olho do observador vindos de diferentes direções, provocando duas imagens em diferentes posições, mostrando que o fenômeno óptico da Fata Morgana pode ocorrer por **refração**.

06. B

[I] **Incorreta**. Para ocorrer reflexão total, a primeira condição é que o sentido de propagação da luz seja do meio **mais** refringente para o **menos** refringente.

[II] **Incorreta**. Para ocorrer reflexão total, a segunda condição é que o ângulo de incidência no meio mais refringente seja maior que o ângulo limite.

[III] **Correta**. A expressão do ângulo limite (**L**) é:

$$L = \operatorname{arc\,sen}\frac{n_{menor}}{n_{maior}} \Rightarrow L = \operatorname{arc\,sen}\frac{n_{casca}}{n_{núcleo}}.$$

[IV] **Correta**. Se ocorre reflexão total, não há refração.

07. D

O texto cita: ***"... de um sistema no qual a informação é basicamente canalizada"***.

A canalização de informações dá-se através da reflexão total interna em fibras ópticas.

08. B

Na fibra óptica, a luz fica confinada no interior do núcleo, sem penetrar na casca, sendo conduzida por reflexão total, fenômeno que somente é possível quando o sentido de propagação da luz é do meio mais refringente para o menos refringente. Portanto, o índice de refração do núcleo é maior que o da casca.

09. E

O ângulo de incidência, tanto para o raio azul quanto para o vermelho é 45°. Isto significa que o vermelho não ultrapassa o limite, refratando-se, enquanto que o azul ultrapassa o limite e sofre, na face AC, reflexão total.

10. C

Para haver reflexão total, uma das condições necessárias é que o sentido de propagação da luz seja do meio com maior índice de refração para o de menor. A única alternativa que apresenta isto é a descrita no item C.

AULA 14

01. C

1. **Verdadeira**. Dispersão é o fenômeno que ocorre quando um feixe de luz policromática sofre refração, com separação das cores componentes.
2. **Verdadeira**. O ângulo de incidência é igual ao de reflexão (2ª lei da reflexão).
3. **Falsa**. A radiação violeta é que apresenta maior desvio.

02. C

O índice de refração da água é maior que o do ar. Logo, o índice de refração da esfera é maior que o do meio.

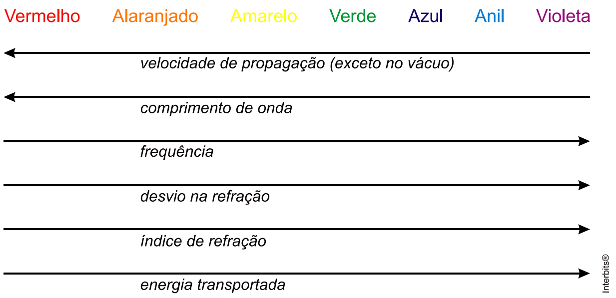
De acordo com a lei de Snell:

$$\frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} r} = \frac{v_{meio}}{v_{esf}} = \frac{\lambda_{meio}}{\lambda_{esf}} = \frac{n_{esf}}{n_{meio}}.$$

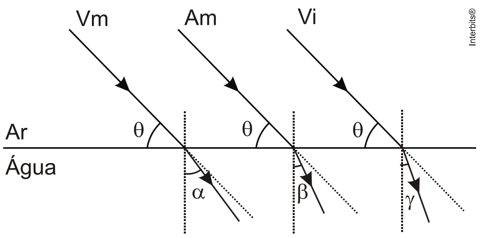
Assim, o índice de refração (**n**) é inversamente proporcional ao comprimento de onda (λ).

03. A

Como nada foi dado a respeito das grandezas referentes a essas radiações, é necessário que se tenha memorizado suas propriedades. A tabela a seguir fornece a ordem do espectro visível da luz branca e os comportamentos das grandezas referentes às radiações componentes. A seta indica o sentido **crescente** da grandeza.



A figura a seguir representa o comportamento dos três raios, de acordo com a tabela: menor desvio para o vermelho e maior desvio para o violeta.



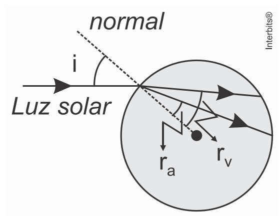
Assim: $\alpha > \beta > \gamma$.

04. A

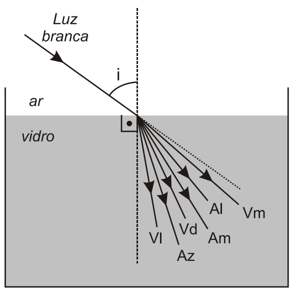
De acordo com a Lei de Snell:

$$\frac{\text{sen}\, i}{\text{sen}\, r} = \frac{n_{gota}}{n_{ar}} \Rightarrow \text{sen}\, r = \frac{n_{ar}\,\text{sen}\, i}{n_{gota}}$$

Como o índice de refração da gota é maior para a luz azul, essa radiação apresenta menor ângulo de refração ($r_a < r_v$), ou seja, sofre maior desvio ao se refratar.



05. E



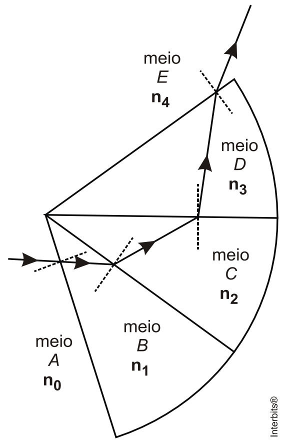
Da Lei de Snell:

$$\frac{\text{sen}\,i}{\text{sen}\,r} = \frac{n_{vidro}}{n_{ar}} \Rightarrow \text{sen}\,r = \frac{n_{ar}\,\text{sen}\,i}{n_{vidro}}.$$

Por essa expressão, vemos que a luz que apresenta menor ângulo de refração (a que mais desvia) é a que apresenta maior índice de refração, no caso o violeta. Aliás, os desvios crescem na sequência mostrada na figura: Vermelha (Vm), Alaranjada (Al), Amarela (Am), Verde (Vd), Azul (Az) e Violeta (Vl).

06. C

A figura representa o percurso do raio e as normais (linhas tracejadas) às superfícies de separação.



Analisando essa figura, notamos que:

- Do meio *A* para o meio *B*: não há desvio $\rightarrow n_0 = n_1$.
- Do meio *B* para o meio *C*: o raio aproxima da normal $\rightarrow n_1 < n_2$.
- Do meio C para o meio *D*: o raio aproxima da normal $\rightarrow n_2 < n_3$.
- Do meio D para o meio *E*: o raio afasta da normal $\rightarrow n_3 > n_4$.

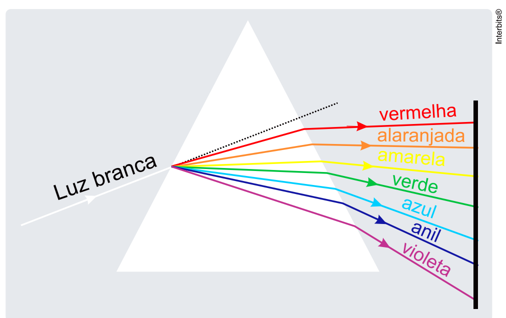
Assim, entre as opções fornecidas:
$n_0 = n_1 < n_2 < n_3$.

07. C

A formação do arco-íris ocorre em função da separação dos componentes coloridos da luz branca, pois estes apresentam diferentes índices de refração para um dado meio. Este fenômeno é chamado de dispersão.

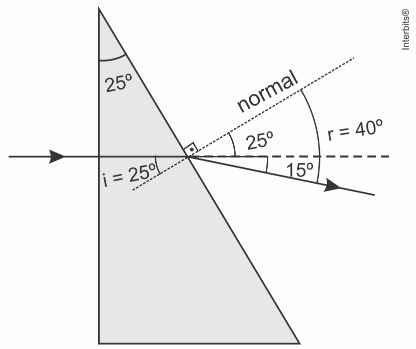
08. B

O elemento óptico desse espectroscópio pode ser um prisma, que é capaz de provocar o fenômeno da dispersão, conforme ilustra a figura. Para um feixe incidente de luz branca, cada radiação (frequência) segue uma trajetória específica de acordo com o índice de refração do prisma para cada uma dessas radiações. Quanto maior o índice de refração, maior é o desvio.



09. B

A figura mostra os ângulos de incidência (i) e de emergência (r).



Aplicando a lei de Snell:

$n_p \operatorname{sen} i = n_{ar} \operatorname{sen} r \Rightarrow n_p \operatorname{sen} 25° = 1 \cdot \operatorname{sen} 40° \Rightarrow$

$\Rightarrow n_p \times 0,4 = 0,6 \Rightarrow \boxed{n_p = 1,5.}$

10. A

Considerando os desvios sofridos pela luz para atravessar o prisma, para frequências maiores este desvio é também maior, sendo assim, a luz vermelha sofre o menor desvio, enquanto a luz azul tem o maior desvio entre as cores mencionadas. Portanto, os raios marcados com os números 1,2 e 3 pertencem, respectivamente, às cores **vermelha**, **verde** e **azul**.

AULA 15

01. B

Aplicando a equação do dioptro plano para pequenos ângulos:

$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{n_{obs}}{n_{obj}} \Rightarrow \frac{d_i}{1,33} = \frac{n_{ar}}{n_{água}} \Rightarrow \frac{d_i}{1,33} = \frac{1}{1,33} \Rightarrow$$

$d_i = 1\ \text{m}.$

02. A

Considerando que o observador esteja olhando verticalmente para baixo, temos:

$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{n_{ar}}{n_{áb}} \Rightarrow \frac{d_i}{2} = \frac{1}{1,3} \Rightarrow d_i = \frac{2,0}{1,3} = 1 \Rightarrow$$

$\Rightarrow d_i = 1,54\ \text{m} \Rightarrow \boxed{d_i \cong 1,5\ \text{m}.}$

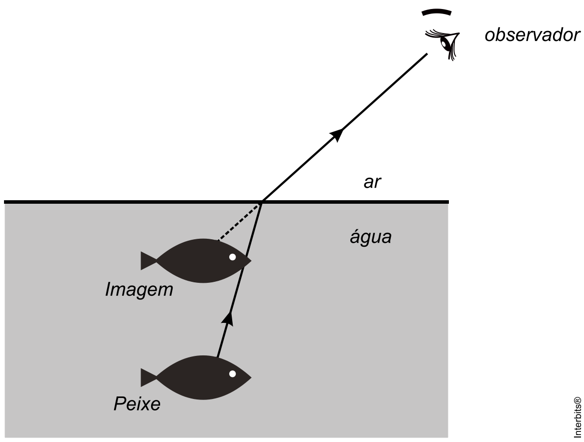
03. C

Aplicando a equação do dioptro plano, calculamos a profundidade aparente (h_i) da piscina para essa pessoa.

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{n_{ar}}{n_{ág}} \Rightarrow \frac{h_i}{3} = \frac{1}{4/3} \Rightarrow h_i = 2,25\ \text{m}.$$

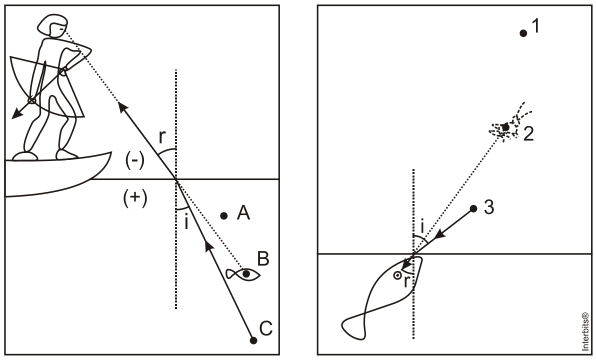
Portanto, a imagem é sobrelevada de 0,75 m.

04. E



A figura mostra um raio refletido pelo peixe, que atinge o olho do observador. Ao refratar-se da água para o ar, ele sofre desvio em sua trajetória. O observador vê a imagem do peixe acima de sua posição real.

05. E



A luz sempre vai do objeto para o observador.

No primeiro caso, o peixe é o objeto e o homem é o observador. A luz está passando da água (meio mais refringente) para o ar (meio menos refringente), afastando-se da normal, de acordo com a lei de Snell. Por isso o homem deve fazer pontaria em *C*.

No segundo caso, o inseto é o objeto e o peixe arqueiro é o observador. A luz está passando do ar (meio menos refringente) para a água (meio mais refringente), aproximando-se da normal, de acordo com a lei de Snell. Por isso o peixe arqueiro deve fazer pontaria em *3*.

06. C

Usando a equação do dioptro plano, obtemos

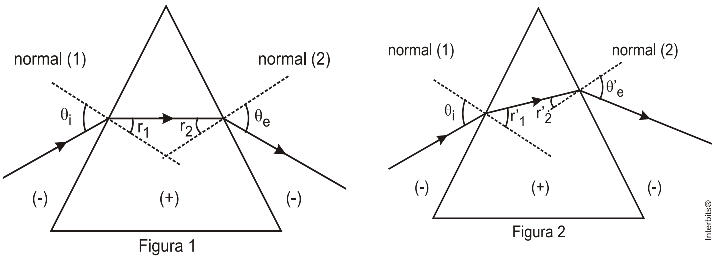
$$\frac{n_{ar}}{n_{água}} = \frac{h}{H}$$

$$\frac{1}{1,33} = \frac{h}{10}$$

$h = 7,5\text{m}$

07. B

08. A



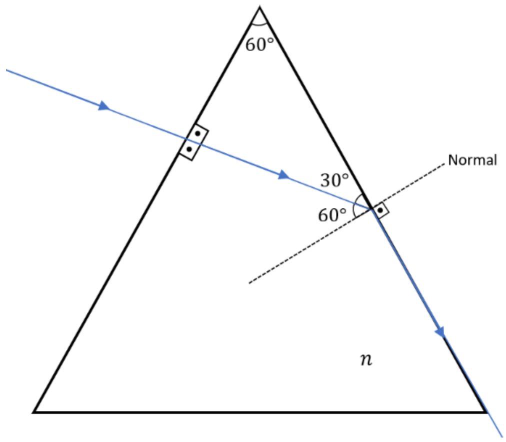
Pela lei de Snell, sabemos que, quando um raio de luz passa do meio (-) refringente para o (+) refringente, ele se aproxima da normal, afastando-se quando em sentido oposto. É o que está registrado na Figura 1 apresentada anteriormente, e no enunciado.
Por isso:
$r_1 < \theta_i$ e $\theta_e > r_2$.
Aplicando a lei de Snell na Figura 2 apresentada anteriormente:

$$\frac{\text{sen}\theta_i}{\text{sen}r_1'} = \frac{n_P}{n_{ar}} \Rightarrow \text{sen}r_1' = \frac{\text{sen}\theta_i}{n_p/n_{ar}}.$$

De acordo com o enunciado, o índice de refração do vidro em relação ao ar diminui com o aumento do comprimento de onda.
Então:
$\text{sen}r_1' > \text{sen}r_1 \Rightarrow r_1' > r_1$.
Ao sair do prisma o raio deve se afastar na normal, o que nos leva ao trajeto, anterior, da Figura 2.

09. D

10. B



Aplicando a lei de Snell na face em que a luz emerge do prisma:

$$n_{prisma}\text{sen}(60°) = n_{ar}\text{sen}(90°)$$

$$n\frac{\sqrt{3}}{2} = 1 \rightarrow n = 1{,}15$$

AULA 16

01. 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:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{8} \therefore f = 0{,}125 \text{ Hz}.$$

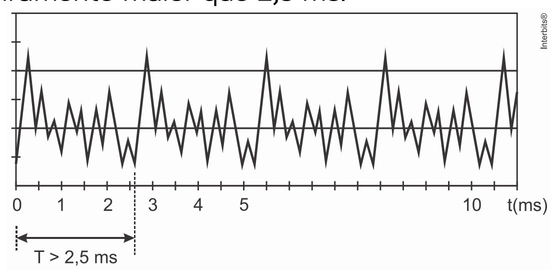
02. A
A propriedade física das ondas que permite essa distinção entre as notas é a **frequência**, pois diferentes notas apresentam diferentes frequências.

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

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

04. C
A velocidade de uma onda sonora em um meio independe da frequência. Portanto, mantidas as condições do meio, a velocidade de propagação é 340 m/s para qualquer frequência.

05. 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.

06. 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).

07. B
A altura de um som é caracterizada pela **frequência** da onda sonora, diferenciando um som grave de um som agudo.

A intensidade de um som é caracterizada pela **amplitude** da onda sonora, diferenciando um som fraco de um som forte.

08. B

A frequência da onda é dada por:

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{340\ m/s}{0{,}05\ m} \therefore f = 6800\ Hz$$

Então, usando a informação do texto referente ao intervalo de dois sons:

$$i = f_2/f_1 \Rightarrow 0{,}5 = f_2/6800\ Hz \therefore$$

$$\therefore f_2 = 0{,}5 \cdot 6800\ Hz = 3400\ Hz$$

09. E

A proclamação do hino brasileiro certamente foi feita dentro de uma faixa de frequência que se encontre o espectro audível humano, ou seja, entre 20 e 20.000 Hz. Todos os animais, apresentados no gráfico, podem escutar alguma parte do nosso espectro audível, com exceção dos pombos e dos elefantes, que escutam todo ele. Assim, só podemos afirmar, com certeza, que os pombos e os elefantes é que escutaram o hino sendo proclamado. Portanto, dentre as alternativas apresentadas, o item E é a correta.

10. B

O nível de intensidade sonora está relacionado à amplitude de uma onda.

De acordo com as normas do Sistema Internacional de Unidades, o plural das unidades é feito apenas com acréscimo de **s** *no final, ficando sem flexão, caso a palavra já termine em* **s**. *Assim o termo correto é* **decibels**, *embora os dicionários brasileiros já aceitem o termo decibéis.*

AULA 17

01. C

Dados: $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2;\ A = 6 \times 10^{-5}\ m^2;\ \Delta t = 5\ s;\ \beta = 60\ dB.$

Substituindo os dados na expressão fornecida no enunciado:

$$10\log\frac{I}{I_0} = \beta \ \Rightarrow\ 10\log\frac{I}{10^{-12}} = 60 \ \Rightarrow\ 10^{12} I = 10^{6} \ \Rightarrow$$

$$I = 10^{-6}\ W/m^2.$$

Mas:

$$\left\{\begin{array}{l} I = \dfrac{P}{A} \ \Rightarrow\ P = IA \\ P = \dfrac{\Delta E}{\Delta t} \ \Rightarrow\ \Delta E = P\,\Delta t \end{array}\right\rangle \Rightarrow$$

$$\Delta E = I A\,\Delta t = 10^{-6} \times 6 \times 10^{-5} \times 5 \ \Rightarrow$$

$$\boxed{\Delta E = 3 \times 10^{-10}\ J.}$$

02. B

Supondo a velocidade do som no ar 340 m/s e sabendo-se que $\mathbf{V = \lambda f}$, vem:

$$V = \lambda f \rightarrow 340 = \lambda \times 1000 \rightarrow \lambda = 0{,}34m$$

03. A

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I \cdot A \Rightarrow P = I \cdot 4\pi r^2 \Rightarrow P = 1{,}0 \cdot 10^{-1} \cdot 4 \cdot 3 \cdot 10^2 \Rightarrow$$

$$P = 120\ W$$

04. D

Da definição de nível de intensidade sonora (N):

$$N = 10\log\frac{I}{I_0} \ \Rightarrow\ \frac{N}{10} = \log\frac{I}{I_0} \ \Rightarrow 10^{N/10} = \frac{I}{I_0}.$$

$$\left\{\begin{array}{l} 10^{N_A/10} = \dfrac{I_A}{I_0} \ \Rightarrow\ 10^{10/10} = \dfrac{I_A}{I_0} \ \Rightarrow\ \dfrac{I_A}{I_0} = 10 \\ 10^{N_B/10} = \dfrac{I_B}{I_0} \ \Rightarrow\ 10^{5/10} = \dfrac{I_B}{I_0} \ \Rightarrow\ \dfrac{I_B}{I_0} = 10^{1/2} \end{array}\right\rangle \div \ \Rightarrow$$

$$\frac{I_B}{I_A} = 10^{-1/2} \ \Rightarrow\ I_B = \frac{I_A}{\sqrt{10}} \ \Rightarrow$$

$$\frac{P}{4\pi d_B^2} = \frac{P}{\sqrt{10}\left(4\pi d_A^2\right)} \ \Rightarrow\ d_B = \sqrt[4]{10}\, d_A = 1{,}78(2) = 3{,}56\,m.$$

$$d_{AB} = d_B - d_A = 3{,}56 - 2 \ \Rightarrow\ \boxed{d_{AB} \cong 1{,}5\,m.}$$

05. 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.

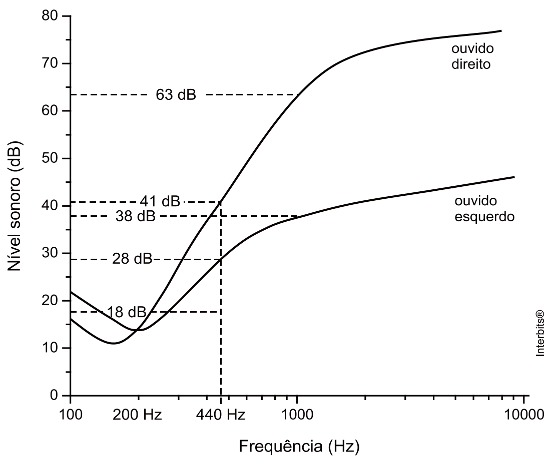
$$I = \frac{P}{A}\ \left[W/m^2\right].$$

06. D

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

07. A

08. E



O gráfico nos dá a **menor** intensidade sonora que cada ouvido 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.

09. E
O nível sonoro total de n fontes idênticas é dado por L(t) = 10.log(n) + L, onde L é o nível sonoro de apenas uma fonte.

Assim:

L(t) = 10.log(10000) + 40

L(t) = 10.4 + 40

L(t) = 40 + 40

L(t) = 80 dB

10. B
A altura de um som está relacionada com a frequência do mesmo. Quanto maior (menor) for a frequência do som emitido mais agudo (grave) será esse som. Do exposto, o item correto deve ser o B.

AULA 18

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

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

02. E
Para a onda estacionária em questão, tem-se:

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

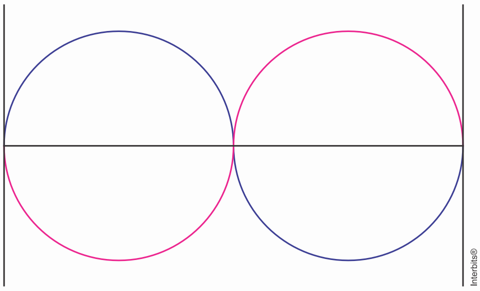
Sabendo que a velocidade da onda em função de sua frequência e de seu comprimento de onda é dada pela equação:

$$v = \lambda \cdot f$$

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

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

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



Nesta situação, $\lambda = L$.
Logo, $\lambda = 60$ cm.

04. D
Para a onda estacionária usaremos duas equações relacionadas com a velocidade da onda:

$$v = \lambda f \text{ e } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Igualando as duas equações:

$$\lambda f = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Sendo a frequência na corda relacionada com a tensão, o comprimento de onda e a densidade linear de massa.

$$f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Já para o sistema massa-mola, temos a expressão para a frequência:

$$f' = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Como as duas frequências devem ser iguais:

$$\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Substituindo os valores fornecidos procuramos por uma alternativa que verifica a mesma relação;

$$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{10}{0{,}1}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} = 10$$

Sendo a alternativa [D] a única que verifica essa relação.

05. E

A frequência (f) do harmônico fundamental de uma corda sonora de comprimento L e densidade linear μ, quando tracionada por forças de intensidade F é dada por:

$$f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} = \frac{1}{2 \times 0,55}\sqrt{\frac{144}{10^{-2}}} = 0,91 \times 120 = 109,2\ \text{Hz} \Rightarrow$$

$f \cong 110$ Hz.

Pela tabela, essa corda emitirá a nota *Lá*.

06. B

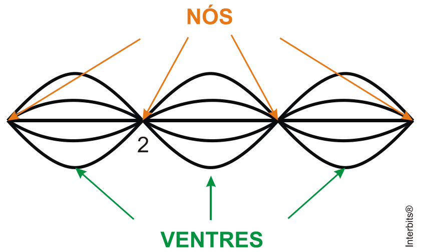
O comprimento de onda (λ_1) e a frequência $(\mathbf{f_1})$ do 1º harmônico de uma corda fixa nas duas extremidades são:

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

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.

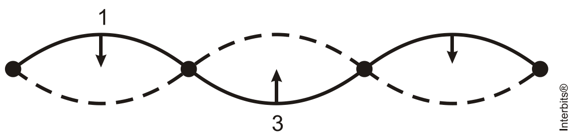
07. D

Observamos na figura a formação de uma onda estacionária com quatro nós e três ventres, onde os pontos 1 e 3 representam dois ventres consecutivos, e o ponto 2 um nó.



O nó de uma onda estacionária não oscila, permanecendo sempre em repouso, ou seja, $V_2 = 0$

Como os pontos 1 e 3 representam ventres consecutivos, suas oscilações são opostas, ou seja, se o ponto 1 estiver subindo o ponto 2 estará descendo, e vice-versa.



Ou seja: $V_1 = -V_3$ ou $V_3 = -V_1$

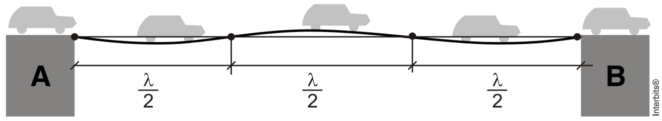
08. D

Sílvia faz sua corda vibrar formando três fusos, portanto, no 3º harmônico, três vezes a frequência do harmônico fundamental $(\mathbf{f_1})$; Patrícia faz sua corda vibrar no 5º harmônico, cinco vezes a frequência do harmônico fundamental. Assim:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_S = 3\ f_1 \\ f_P = 5\ f_1 \end{array} \right\rangle \Rightarrow \frac{f_S}{f_P} = \frac{3}{5} = 0,6.$$

09. B

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



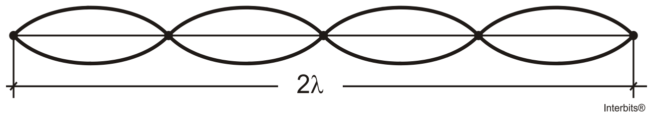
Como sabemos, $V = \lambda f \to 10 = \lambda \times 1 \to \lambda = 10\text{m}$

O comprimento da ponte é $L = \dfrac{3\lambda}{2}$. Portanto,

$$L = \frac{3 \times 10}{2} = 15\text{m}$$

10. C

Observe a onda estacionária com 5 nós.

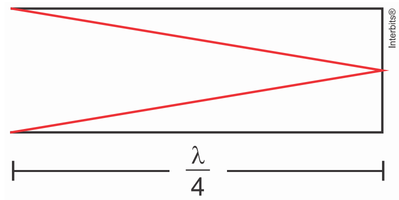


$2\lambda = 80 \to \lambda = 40\ \text{cm} = 0,4\ \text{m}$

$V = \lambda f = 0,4 \times 80 = 32\ \text{m/s}$

AULA 19

01. D



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

Isolando o comprimento de onda do primeiro harmônico, vem:

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

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

02. B

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

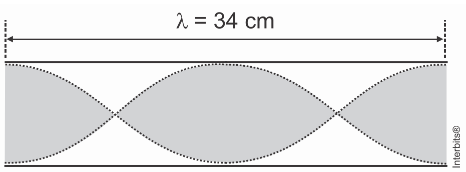
$$\frac{\lambda}{4} = L \Rightarrow \lambda = 4L = 4 \times 10 = 40\ \text{cm} \Rightarrow \lambda = 0,4\ \text{m}.$$

Da equação fundamental da ondulatória:

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

03. 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.

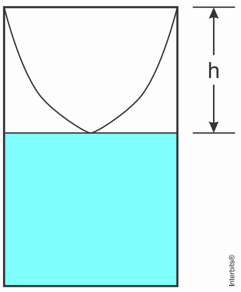
$\lambda = 34\,\text{cm}; = 0{,}34\,\text{m}; \; v = 340\,\text{m/s}.$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \;\Rightarrow\; f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0{,}34} \;\Rightarrow\; \boxed{f = 1\,000\ \text{Hz.}}$$

04. D

Quando o volume do som do diapasão torna-se mais alto pela primeira vez, a coluna de água corresponde ao primeiro harmônico obtido na coluna de água.



Logo, de acordo com o desenho, a altura do líquido h é a quarta parte do comprimento da onda sonora.

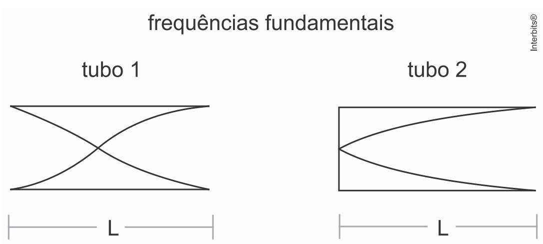
$$h = \frac{\lambda}{4} \therefore \lambda = 4h$$

E a expressão da velocidade da onda com a frequência e o comprimento de onda é dada por:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 4\,hf \therefore h = \frac{v}{4f}$$

$$h = \frac{320\ \text{m/s}}{4 \cdot 400\ \text{Hz}} \Rightarrow h = 0{,}2\,\text{m} = 20\ \text{cm}$$

05. A



A velocidade de uma onda expressa em função da frequência e de seu comprimento de onda é:

$v = \lambda \cdot f$

E sabendo que a velocidade de propagação de ambas são iguais:

$$v_1 = v_2 \Rightarrow \lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2$$

Para o tubo 1: $L = \dfrac{\lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = 2L$

Para o tubo 2: $L = \dfrac{\lambda_2}{4} \Rightarrow \lambda_2 = 4L$

Com isso, a razão das frequências será:

$$\lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2 \Rightarrow 2L \cdot f_1 = 4L \cdot f_2 \therefore \frac{f_1}{f_2} = 2$$

06. C

O próximo é o 4º harmônico, no caso a flauta, comporta-se como um tudo 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:

$$4\frac{\lambda}{2} = L \;\Rightarrow\; \boxed{\lambda = \frac{L}{2}.}$$

07. 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:

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

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

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

08. C

Dados: $\mathbf{f_{1A}}$ = 200 Hz; $\mathbf{f_{2A} = 2\ f_{1A}}$ = 400 Hz; $\mathbf{v}$ = 340 m/s.

Das expressões das frequências em tubos abertos e fechados, temos:

$$\begin{cases} f_{1A} = \dfrac{v}{2\,L_A} \;\Rightarrow\; L_A = \dfrac{v}{2\,f_{1A}} = \dfrac{340}{2(200)} = 0{,}85\ \text{m.} \;\Rightarrow\; \boxed{L_A = 85\ \text{cm.}} \\ f_{1B} = \dfrac{v}{4\,L_B} \;\Rightarrow\; L_B = \dfrac{v}{4\,f_{1B}} = \dfrac{340}{4(400)} = 0{,}2125\ \text{m.} \;\Rightarrow\; \boxed{L_B = 21{,}3\ \text{cm.}} \end{cases}$$

09. C

Conciliando a informação do enunciado e a equação fundamental da ondulatória:

$$\left.\begin{cases} \lambda = 4\ L \;\Rightarrow\; L = \dfrac{\lambda}{4}\ \ (\text{I}) \\ \lambda = \dfrac{v}{f}\ \ (\text{II}) \end{cases}\right\rangle (\text{II})\ \text{em}\ (\text{I}):\ L = \frac{v}{4\ f}.$$

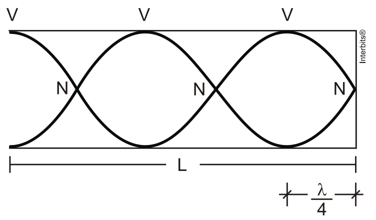
Aplicando a expressão para as duas frequências pedidas:

$$\begin{cases} L_{Mi} = \dfrac{v}{4\ f_{Mi}} \ \Rightarrow \ L_{Mi} = \dfrac{330}{4 \times 660} = \dfrac{1}{8} \ \Rightarrow \ L_{Mi} = 0{,}125\ \text{m} \ \Rightarrow \\ L_{Mi} = 12{,}5\ \text{cm.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} L_{Lá} = \dfrac{v}{4\ f_{Lá}} \ \Rightarrow \ L_{Lá} = \dfrac{330}{4 \times 220} = \dfrac{3}{8} \ \Rightarrow \ L_{Lá} = 0{,}375\ \text{m} \ \Rightarrow \\ L_{Lá} = 37{,}5\ \text{cm.} \end{cases}$$

10. E

A figura mostra o quinto harmônico.



Observe que $L = 5.\dfrac{\lambda}{4} \rightarrow \rightarrow \lambda = \dfrac{4L}{5} = \dfrac{4x0{,}17}{5} = 0{,}136\,\text{m}$

Como $V = \lambda f \rightarrow f = \dfrac{V}{\lambda} \rightarrow f_5 = \dfrac{340}{0{,}136} = 2500\ \text{Hz}$

$$f_1 = \frac{f_5}{5} = \frac{2500}{5} = 500\,\text{Hz}$$
$$f_3 = 3f_1 = 3x500 = 1500\,\text{Hz}$$
$$f_5 = 2500\ \text{Hz}$$

AULA 20

01. E

02. C

Da figura, podemos observar que a luz, ao passar do ar para o núcleo da fibra, se aproxima da normal (que é uma linha reta paralela a fibra), disto decorre que $n_A < n_C$. Ao chegar na interface núcleo-casca o raio luminoso sofre uma reflexão total, no entanto, uma das condições necessárias para haver reflexão total é que o sentido de propagação da luz seja do meio com maior índice de refração para o de menor. Portanto, concluímos que $n_N < n_C$. Logo, $n_A < n_C < n_N$.

03. C

Para responder a questão o aluno deve ter três coisas em mente.

1. O índice de refração (n) é definido como a razão entre a velocidade da luz no meio em que ela se propaga (V) e a velocidade da luz no vácuo (c), isto é, $n = \dfrac{V}{c}$. Desse modo, quanto maior for a velocidade da luz no meio, maior será o índice de refração.

2. O índice de refração não é único para todas as cores que compõem o espectro da luz visível. Observa-se que a luz de menor frequência se propaga com maior velocidade quando comparada à luz de maior frequência. A luz vermelha, por exemplo, é mais rápida que a luz violeta, quando elas se propagam em meios materiais.

3. Quando a luz passa de um meio de menor índice de refração, para um meio de maior índice de refração o desvio sofrido por ela é tal que o raio luminoso se aproxima da normal. Se o meio de incidência é sempre o mesmo, então quanto maior for o índice de refração do meio emergente, menor será o desvio sofrido.

Da figura, observamos que o raio azul sofre o maior desvio dentre os três apresentados, enquanto o vermelho, o menor. Disto, decorre que: $n_{az} < n_{am} < n_{ve}$. Como o índice de refração é diretamente proporcional a velocidade da luz no meio, concluímos que: $V_{az} < V_{am} < V_{ve}$.

04. C

05. C

A resposta é direta: Quanto maior a frequência de um som, mais agudo este será. O contrário também é verdade: quanto menor for a frequência, mais grave será o som.

06. C

A) Falso. Ondas ultrassônicas são ondas sonoras com frequências mais altas que as detectadas pelo ouvido humano, geralmente acima de 20.000 Hz.

B) Falso. Havendo aproximação entre a mariposa e o morcego, a frequência detectada será maior (efeito Doppler).

C) Correto. Caso a presa também emita ondas ultrassônicas, não será possível obter um bom desempenho do sistema de ecolocalização do morcego.

D) Falso. Para a frequência de máxima sensibilidade, isto é, 80.000 Hz, o comprimento de onda associado vale:

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{340}{80.000} = 4{,}25 \cdot 10^{-3}\,\text{m}$$

Falso. No afastamento, a frequência será menor e o comprimento de onda será maior (Doppler).

07. D

Dados: $v = 340\ \text{m/s};\ f = 340\ \text{Hz}$

A frequência da onda sonora emitida pelo diapasão tem a mesma frequência que ele.

Calculando o comprimento de onda:

$$v = \lambda f \ \Rightarrow \ \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{340} \ \Rightarrow \ \lambda = 1\ \text{m.}$$

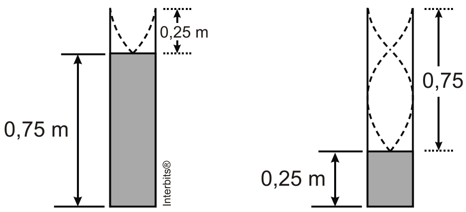
Trata-se de um tubo fechado. Para os estados de ondas estacionárias num tudo fechado, o comprimento (L) da coluna de ar é:

$$L = n\frac{\lambda}{4}.$$

Lembrando que um tubo fechado somente emite harmônicos ímpares, os comprimentos possíveis para a coluna de ar são:

$$\begin{cases} n = 1 \;\Rightarrow\; L = 1\frac{1}{4} \;\Rightarrow\; L = 0{,}25 \text{ m.} \\ n = 3 \;\Rightarrow\; L = 3\frac{1}{4} \;\Rightarrow\; L = 0{,}75 \text{ m.} \\ n = 5 \;\Rightarrow\; L = 5\frac{1}{4} \;\Rightarrow\; L = 1{,}25 \text{ m (não convém)} \end{cases}$$

O comprimento máximo para a coluna de ar é igual ao comprimento do tubo, portanto, 1m. São possíveis, então, os estados mostrados nas figuras a seguir.



Na alternativa [D], encontramos o primeiro estado.

08. 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 $v_{som} = 340$ m/s pela equação fundamental:

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

Logo, a razão pedida será:

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

$$\therefore r = 20$$

09. B

Justificando os itens falsos:

[I] Ondas estacionárias são ondas de propagação.

[II] A Densidade da corda irá influenciar no harmônico.

10. D

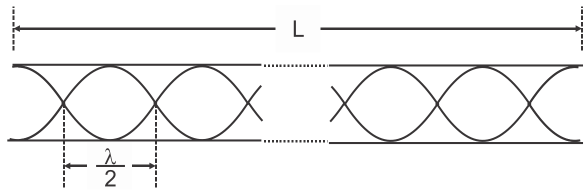
Consideremos que os três tubos estejam emitindo harmônicos de mesma ordem.

A velocidade de propagação do som é mesma, pois se trata do mesmo meio, no caso, o ar.

Da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \;\Rightarrow\; \lambda = \frac{v}{f}. \text{ (I)}$$

Somente para demonstração, consideremos o n-ésimo harmônico de um tudo aberto:



O comprimento de cada fuso, como mostrado, é igual a meio comprimento de onda. Assim, para **n** fusos:

$$L = n\frac{\lambda}{2}. \text{ (II)}$$

Substituindo (I) em (II), vem:

$$L = n\frac{v/f}{2} \;\Rightarrow\; L = \frac{n\,v}{2\,f}.$$

Dessa expressão, concluímos que o comprimento do tubo é inversamente proporcional à frequência do som emitido.

Na tabela de frequências dadas:

$f_{vermelho} < f_{azul} < f_{roxo}$.

Então: $L_{vermelho} > L_{azul} > L_{roxo}$