

1. (Enem 2021) O eletrocardiograma é um exame cardíaco que mede a intensidade dos sinais elétricos advindos do coração. A imagem apresenta o resultado típico obtido em um paciente saudável e a intensidade do sinal (V_{EC}) em função do tempo.



De acordo com o eletrocardiograma apresentado, qual foi número de batimentos cardíacos por minuto desse paciente durante o exame?

- a) 30
- b) 60
- c) 100
- d) 120
- e) 180

2. (Enem 2023) Na tirinha de Maurício de Sousa, os personagens Cebolinha e Cascão fazem uma brincadeira utilizando duas latas e um barbante. Ao perceberem que o som pode ser transmitido através do barbante, resolvem alterar o comprimento do barbante para ficar cada vez mais extenso. As demais condições permaneceram inalteradas durante a brincadeira.



SOUSA, M. Disponível em: www.monica.com.br. Acesso em: 2 out. 2012 (adaptado).

Na prática, à medida que se aumenta o comprimento do barbante, ocorre a redução de qual característica da onda sonora?

- a) Altura.
- b) Período
- c) Amplitude.
- d) Velocidade.
- e) Comprimento de onda.

3. (Enem 2023) O *bluetooth* é uma tecnologia de comunicação sem fio, de curto alcance, presente em diferentes dispositivos eletrônicos de consumo. Ela permite que aparelhos eletrônicos diferentes se conectem e troquem dados entre si. No padrão *bluetooth*, denominado de Classe 2, as antenas transmitem sinais de potência igual a 2,4 mW e possibilitam conectar dois dispositivos distanciados até 10 m. Considere que essas antenas se comportam como fontes puntiformes que emitem ondas eletromagnéticas esféricas e que a intensidade do sinal é calculada pela potência por unidade de área. Considere 3 como valor aproximado para π .

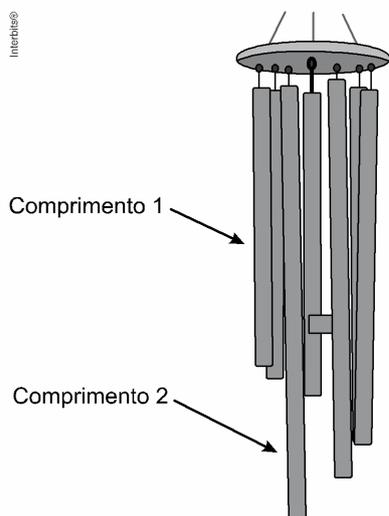
Para que o sinal de *bluetooth* seja detectado pelas antenas, o valor mínimo de sua intensidade,

em $\frac{W}{m^2}$, é mais próximo de

- a) $2,0 \times 10^{-6}$.
- b) $2,0 \times 10^{-5}$.

- c) $2,4 \times 10^{-5}$.
- d) $2,4 \times 10^{-3}$.
- e) $2,4 \times 10^{-1}$.

4. (Enem 2021) O sino dos ventos é composto por várias barras metálicas de mesmo material e espessura, mas de comprimentos diferentes, conforme a figura.



Considere f_1 e v_1 , respectivamente, como a frequência fundamental e a velocidade de propagação do som emitido pela barra de menor comprimento, e f_2 e v_2 são essas mesmas grandezas para o som emitido pela barra de maior comprimento.

As relações entre as frequências fundamentais e entre as velocidades de propagação são, respectivamente,

- a) $f_1 < f_2$ e $v_1 < v_2$
- b) $f_1 < f_2$ e $v_1 = v_2$
- c) $f_1 < f_2$ e $v_1 > v_2$
- d) $f_1 > f_2$ e $v_1 = v_2$
- e) $f_1 > f_2$ e $v_1 > v_2$

5. (Enem 2020) Dois engenheiros estão verificando se uma cavidade perfurada no solo está de acordo com o planejamento de uma obra, cuja profundidade requerida é de 30 m. O teste é feito por um dispositivo denominado oscilador de áudio de frequência variável, que permite relacionar a profundidade com os valores da frequência de duas ressonâncias consecutivas, assim como em um tubo sonoro fechado. A menor frequência de ressonância que o aparelho mediu foi 135 Hz. Considere que a velocidade do som dentro da cavidade perfurada é de 360 m s^{-1} .

Se a profundidade estiver de acordo com o projeto, qual será o valor da próxima frequência de ressonância que será medida?

- a) 137 Hz.
- b) 138 Hz.
- c) 141 Hz.
- d) 144 Hz.
- e) 159 Hz.

6. (Enem 2020) Os fones de ouvido tradicionais transmitem a música diretamente para os nossos ouvidos. Já os modelos dotados de tecnologia redutora de ruído – Cancelamento de

Ruído (CR) – além de transmitirem música, também reduzem todo ruído inconsistente à nossa volta, como o barulho de turbinas de avião e aspiradores de pó. Os fones de ouvido CR não reduzem realmente barulhos irregulares como discursos e choros de bebês. Mesmo assim, a supressão do ronco das turbinas do avião contribui para reduzir a “fadiga de ruído”, um cansaço persistente provocado pela exposição a um barulho alto por horas a fio. Esses aparelhos também permitem que nós ouçamos músicas ou assistamos a vídeos no trem ou no avião a um volume muito menor (e mais seguro).

Disponível em: <http://tecnologia.uol.com.br>. Acesso em: 21 abr. 2015 (adaptado).

A tecnologia redutora de ruído CR utilizada na produção de fones de ouvido baseia-se em qual fenômeno ondulatório?

- a) Absorção.
- b) Interferência.
- c) Polarização.
- d) Reflexão.
- e) Difração.

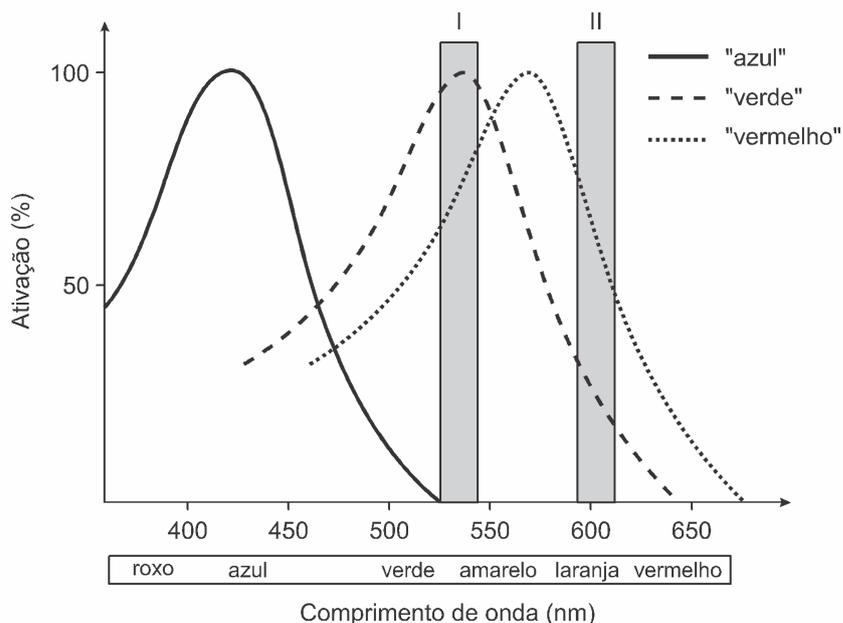
7. (Enem 2018) O sonorizador é um dispositivo físico implantado sobre a superfície de uma rodovia de modo que provoque uma trepidação e ruído quando da passagem de um veículo sobre ele, alertando para uma situação atípica à frente, como obras, pedágios ou travessia de pedestres. Ao passar sobre os sonorizadores, a suspensão do veículo sofre vibrações que produzem ondas sonoras, resultando em um barulho peculiar. Considere um veículo que passe com velocidade constante igual a 108 km/h sobre um sonorizador cujas faixas são separadas por uma distância de 8 cm.

Disponível em: www.denatran.gov.br. Acesso em: 2 set. 2015 (adaptado).

A frequência da vibração do automóvel percebida pelo condutor durante a passagem nesse sonorizador é mais próxima de

- a) 8,6 hertz.
- b) 13,5 hertz.
- c) 375 hertz.
- d) 1.350 hertz.
- e) 4.860 hertz.

8. (Enem 2018) Muitos primatas, incluindo nós humanos, possuem visão tricromática: têm três pigmentos visuais na retina sensíveis à luz de uma determinada faixa de comprimentos de onda. Informalmente, embora os pigmentos em si não possuam cor, estes são conhecidos como pigmentos “azul”, “verde” e “vermelho” e estão associados à cor que causa grande excitação (ativação). A sensação que temos ao observar um objeto colorido decorre da ativação relativa dos três pigmentos. Ou seja, se estimulássemos a retina com uma luz na faixa de 530 nm (retângulo I no gráfico), não excitaríamos o pigmento “azul”, o pigmento “verde” seria ativado ao máximo e o “vermelho” seria ativado em aproximadamente 75%, e isso nos daria a sensação de ver uma cor amarelada. Já uma luz na faixa de comprimento de onda de 600 nm (retângulo II) estimularia o pigmento “verde” um pouco e o “vermelho” em cerca de 75%, e isso nos daria a sensação de ver laranja-avermelhado. No entanto, há características genéticas presentes em alguns indivíduos, conhecidas coletivamente como Daltonismo, em que um ou mais pigmentos não funcionam perfeitamente.

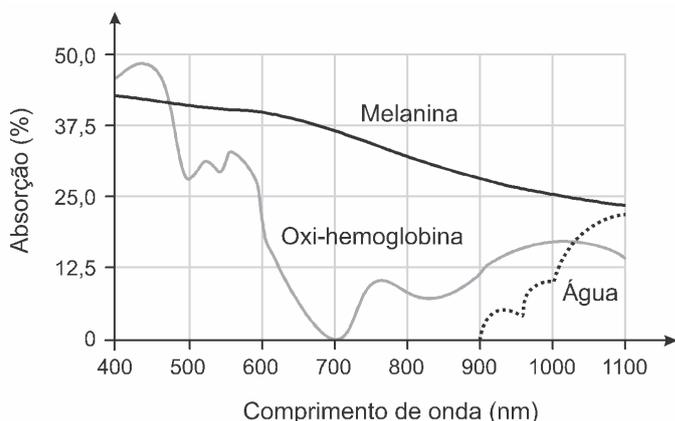


Disponível em: www.comprehensivephysiology.com. Acesso em: 3 ago. 2012 (adaptado).

Caso estimulássemos a retina de um indivíduo com essa característica, que não possuísse o pigmento conhecido como “verde”, com as luzes de 530 nm e 600 nm na mesma intensidade luminosa, esse indivíduo seria incapaz de

- identificar o comprimento de onda do amarelo, uma vez que não possui o pigmento “verde”.
- ver o estímulo de comprimento de onda laranja, pois não haveria estimulação de um pigmento visual.
- detectar ambos os comprimentos de onda, uma vez que a estimulação dos pigmentos estaria prejudicada.
- visualizar o estímulo do comprimento de onda roxo, já que este se encontra na outra ponta do espectro.
- distinguir os dois comprimentos de onda, pois ambos estimulam o pigmento “vermelho” na mesma intensidade.

9. (Enem 2017) A epilação a *laser* (popularmente conhecida como depilação a *laser*) consiste na aplicação de uma fonte de luz para aquecer e causar uma lesão localizada e controlada nos folículos capilares. Para evitar que outros tecidos sejam danificados, selecionam-se comprimentos de onda que são absorvidos pela melanina presente nos pelos, mas que não afetam a oxí-hemoglobina do sangue e a água dos tecidos da região em que o tratamento será aplicado. A figura mostra como é a absorção de diferentes comprimentos de onda pela melanina, oxí-hemoglobina e água.

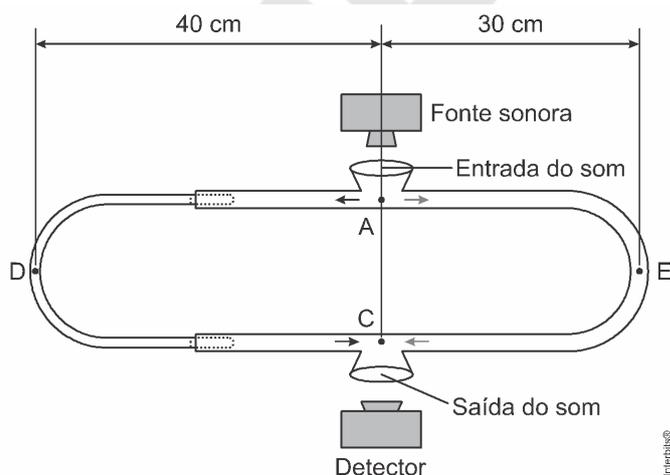


MACEDO, F. S.; MONTEIRO, E. O. *Epilação com laser e luz intensa pulsada*. Revista Brasileira de Medicina. Disponível em: www.moreirajr.com.br. Acesso em: 4 set. 2015 (adaptado).

Qual é o comprimento de onda, em nm, ideal para a epilação a *laser*?

- a) 400
- b) 700
- c) 1.100
- d) 900
- e) 500

10. (Enem 2017) O trombone de Quincke é um dispositivo experimental utilizado para demonstrar o fenômeno da interferência de ondas sonoras. Uma fonte emite ondas sonoras de determinada frequência na entrada do dispositivo. Essas ondas se dividem pelos dois caminhos (ADC e AEC) e se encontram no ponto C, a saída do dispositivo, onde se posiciona um detector. O trajeto ADC pode ser aumentado pelo deslocamento dessa parte do dispositivo. Com o trajeto ADC igual ao AEC, capta-se um som muito intenso na saída. Entretanto, aumentando-se gradativamente o trajeto ADC, até que ele fique como mostrado na figura, a intensidade do som na saída fica praticamente nula. Desta forma, conhecida a velocidade do som no interior do tubo (320 m/s), é possível determinar o valor da frequência do som produzido pela fonte.

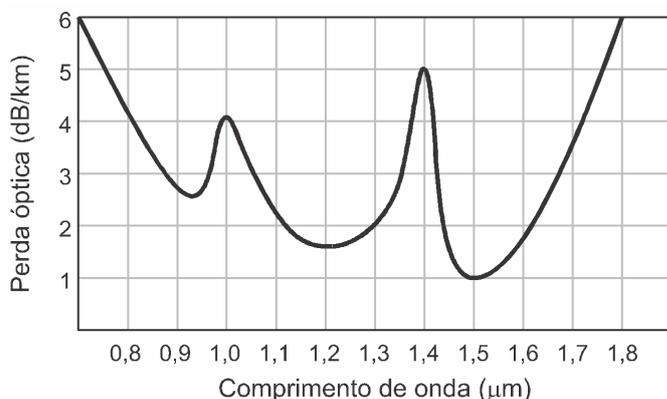


O valor da frequência, em hertz, do som produzido pela fonte sonora é

- a) 3.200.
- b) 1.600.
- c) 800.
- d) 640.

e) 400.

11. (Enem 2017) Em uma linha de transmissão de informações por fibra óptica, quando um sinal diminui sua intensidade para valores inferiores a 10 dB, este precisa ser retransmitido. No entanto, intensidades superiores a 100 dB não podem ser transmitidas adequadamente. A figura apresenta como se dá a perda de sinal (perda óptica) para diferentes comprimentos de onda para certo tipo de fibra óptica.



Atenuação e limitações das fibras ópticas. Disponível em: www.gta.ufrj.br. Acesso em: 25 maio 2017 (adaptado).

Qual é a máxima distância, em km, que um sinal pode ser enviado nessa fibra sem ser necessária uma retransmissão?

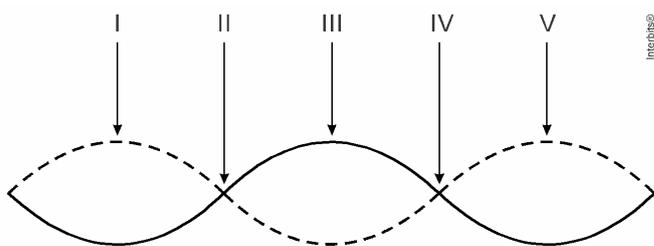
- a) 6
- b) 18
- c) 60
- d) 90
- e) 100

12. (Enem 2016) O morcego emite pulsos de curta duração de ondas ultrassônicas, os quais voltam na forma de ecos após atingirem objetos no ambiente, trazendo informações a respeito das suas dimensões, suas localizações e dos seus possíveis movimentos. Isso se dá em razão da sensibilidade do morcego em detectar o tempo gasto para os ecos voltarem, bem como das pequenas variações nas frequências e nas intensidades dos pulsos ultrassônicos. Essas características lhe permitem caçar pequenas presas mesmo quando estão em movimento em relação a si. Considere uma situação unidimensional em que uma mariposa se afasta, em movimento retilíneo e uniforme, de um morcego em repouso.

A distância e velocidade da mariposa, na situação descrita, seriam detectadas pelo sistema de um morcego por quais alterações nas características dos pulsos ultrassônicos?

- a) Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida diminuída.
- b) Intensidade aumentada, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida diminuída.
- c) Intensidade diminuída, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida aumentada.
- d) Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.
- e) Intensidade aumentada, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

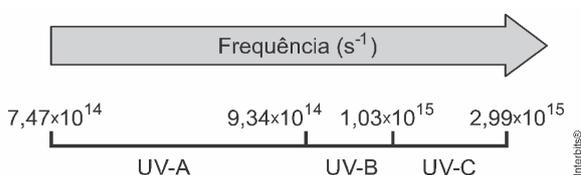
13. (Enem 2016) Um experimento para comprovar a natureza ondulatória da radiação de micro-ondas foi realizado da seguinte forma: anotou-se a frequência de operação de um forno de micro-ondas e, em seguida, retirou-se sua plataforma giratória. No seu lugar, colocou-se uma travessa refratária com uma camada grossa de manteiga. Depois disso, o forno foi ligado por alguns segundos. Ao se retirar a travessa refratária do forno, observou-se que havia três pontos de manteiga derretida alinhados sobre toda a travessa. Parte da onda estacionária gerada no interior do forno é ilustrada na figura.



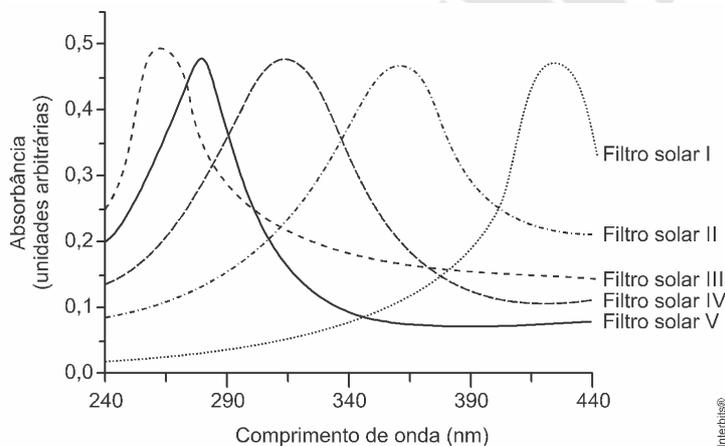
De acordo com a figura, que posições correspondem a dois pontos consecutivos da manteiga derretida?

- a) I e III
- b) I e V
- c) II e III
- d) II e IV
- e) II e V

14. (Enem 2015) A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere:

velocidade da luz = $3,0 \times 10^8$ m/s e $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9}$ m.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o

- a) V.
- b) IV.
- c) III.
- d) II.
- e) I.

15. (Enem 2015) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro.

Essa diferenciação se deve principalmente ao(a)

- a) intensidade sonora do som de cada instrumento musical.
- b) potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.
- c) diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical
- d) timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.
- e) altura do som, que possui diferentes frequências para diferentes instrumentos musicais.

16. (Enem 2014) Quando adolescente, as nossas tardes, após as aulas, consistiam em tomar às mãos o violão e o dicionário de acordes de Almir Chediak e desafiar nosso amigo Hamilton a descobrir, apenas ouvindo o acorde, quais notas eram escolhidas. Sempre perdíamos a aposta, ele possui o ouvido absoluto.

O ouvido absoluto é uma característica perceptual de poucos indivíduos capazes de identificar notas isoladas sem outras referências, isto é, sem precisar relacioná-las com outras notas de uma melodia.

LENT, R. *O cérebro do meu professor de acordeão*. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2012 (adaptado).

No contexto apresentado, a propriedade física das ondas que permite essa distinção entre as notas é a

- a) frequência.
- b) intensidade.
- c) forma da onda.
- d) amplitude da onda.
- e) velocidade de propagação.

Gabarito

Resposta da questão 1:

[B]

No gráfico, lê-se que o período dos batimentos corresponde a 5 quadriculos, cada um representando 0,2 s.

Assim, o período é:

$$T = 5 \times 0,2 = 1\text{s} \Rightarrow T = \frac{1}{60}\text{min}$$

Em 1 minuto, têm-se:

$$T = \frac{\Delta t}{N} \Rightarrow N = \frac{\Delta t}{T} = \frac{1}{\frac{1}{60}} \Rightarrow N = 60 \text{ batimentos}$$

Resposta da questão 2:

[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 3:

[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 4:

[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 5:

[C]

Tubo fechado só emite harmônicos ímpares (i) consecutivos.

Aplicando a expressão do tubo fechado para a primeira ressonância medida:

$$f_i = \frac{iv}{4L} \Rightarrow i = \frac{f_i 4L}{v} \Rightarrow i = \frac{135 \times 4 \times 30}{360} \Rightarrow i = 45$$

A ordem do próximo harmônico é $i = 47$.

$$f_i' = \frac{47 \times 360}{4 \times 30} \Rightarrow \boxed{f_i' = 141 \text{ Hz}}$$

Resposta da questão 6:

[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 7:

[C]

$$v = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$$

Como o sonorizador possui elevações separadas por 8 cm, podemos aproximá-lo a uma onda cujo comprimento de onda vale $\lambda = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

Pela equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$30 = 8 \cdot 10^{-2} \cdot f$$

$$\therefore f = 375 \text{ Hz}$$

Resposta da questão 8:

[E]

Caso o indivíduo não possuísse o pigmento “verde”, os comprimentos de onda relativos aos retângulos I e II da figura (referentes aos comprimentos de onda de 530 nm e 600 nm respectivamente) estimulariam apenas o pigmento “vermelho” e com praticamente a mesma porcentagem de ativação, o que resultaria numa incapacidade de distinguir ambos os comprimentos de onda.

Resposta da questão 9:

[B]

De acordo com a figura do enunciado, o comprimento de onda mais adequado é o de 700 nm, pois não há absorção por parte da oxi-hemoglobina e nem da água.

Resposta da questão 10:

[C]

Como a intensidade do som foi de muito intensa para nula, a interferência no ponto C foi de construtiva para destrutiva, sendo a condição para esta última dada por:

$$d_{ADC} - d_{AEC} = \frac{\lambda}{2}$$

Logo, o comprimento de onda deverá ser de:

$$2(40 - 30) = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

Pela Equação Fundamental da Ondulatória, obtemos a frequência pedida:

$$v = \lambda f$$

$$320 = 0,4f$$

$$\therefore f = 800 \text{ Hz}$$

Resposta da questão 11:

[D]

Máxima variação na intensidade do sinal:

$$100 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 90 \text{ dB}$$

Como a menor perda óptica é de 1 dB/km de acordo com o gráfico, a máxima distância deverá ser de:

$$\frac{90 \text{ dB}}{1 \text{ dB/km}} = 90 \text{ km}$$

Resposta da questão 12:

[A]

Como a mariposa está se afastando, a intensidade do som recebido como eco **diminui** e o tempo de retorno **aumenta**.

Resposta da questão 13:

[A]

As moléculas de manteiga entram em ressonância com a onda estacionária formada no interior do forno, tendo vibração máxima nas regiões ventrais. Como a temperatura é a medida do estado de agitação das moléculas, os pontos consecutivos de manteiga derretida correspondem a essas regiões ventrais: [I], [III] e [V].

Nota: No site <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=aquecimento-da-agua-no-micro-ondas-nao-se-da-por-ressonancia> pode-se encontrar informações complementares sobre o correto fenômeno de aquecimento dos alimentos no forno de micro-ondas.

Resposta da questão 14:

[B]

Usando a equação fundamental da ondulatória, calculamos os comprimentos de ondas mínimo e máximo para a faixa UV-B.

$$c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_{\text{mín}} = \frac{c}{f_{\text{máx}}} = \frac{3 \times 10^8}{1,03 \times 10^{15}} = 291 \times 10^{-9} \Rightarrow \lambda_{\text{mín}} = 291 \text{ nm} \\ \lambda_{\text{máx}} = \frac{c}{f_{\text{mín}}} = \frac{3 \times 10^8}{9,34 \times 10^{14}} = 321 \times 10^{-9} \Rightarrow \lambda_{\text{máx}} = 321 \text{ nm} \end{cases}$$

Assim: $(291 < \lambda_{\text{UV-B}} < 321) \text{ nm}$.

Nessa faixa, a curva de maior absorção corresponde ao filtro IV.

Resposta da questão 15:

[D]

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

Resposta da questão 16:

[A]

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

Resumo das questões selecionadas nesta atividade

Legenda:

NQ = número da questão

Q/DB = número da questão no banco de dados

NQ	Q/DB	Grau/Dif.	Matéria	Fonte	Tipo
1	204418	Baixa	Física	Enem/2021	Múltipla escolha
2	240247	Baixa	Física	Enem/2023	Múltipla escolha
3	240249	Média	Física	Enem/2023	Múltipla escolha
4	204417	Média	Física	Enem/2021	Múltipla escolha
5	197237	Média	Física	Enem/2020	Múltipla escolha
6	197232	Média	Física	Enem/2020	Múltipla escolha
7	182110	Baixa	Física	Enem/2018	Múltipla escolha
8	182113	Baixa	Física	Enem/2018	Múltipla escolha
9	174999	Baixa	Física	Enem/2017	Múltipla escolha
10	175002	Média	Física	Enem/2017	Múltipla escolha
11	174997	Baixa	Física	Enem/2017	Múltipla escolha
12	165238	Média	Física	Enem/2016	Múltipla escolha
13	165249	Baixa	Física	Enem/2016	Múltipla escolha
14	149362	Baixa	Física	Enem/2015	Múltipla escolha
15	149347	Baixa	Física	Enem/2015	Múltipla escolha
16	135518	Baixa	Física	Enem/2014	Múltipla escolha

Estadísticas - Questões do Enem

NQ	Q/DB	Cor/prova	Ano	Acerto
1	204418	azul	2021	38%
4	204417	azul	2021	21%
5	197237	azul	2020	22%
6	197232	azul	2020	39%
7	182110	azul	2018	23%
8	182113	azul	2018	28%
9	174999	azul	2017	39%
10	175002	azul	2017	22%
11	174997	azul	2017	17%
12	165238	azul	2016	23%
13	165249	azul	2016	11%
14	149362	azul	2015	22%
15	149347	azul	2015	59%
16	135518	azul	2014	39%