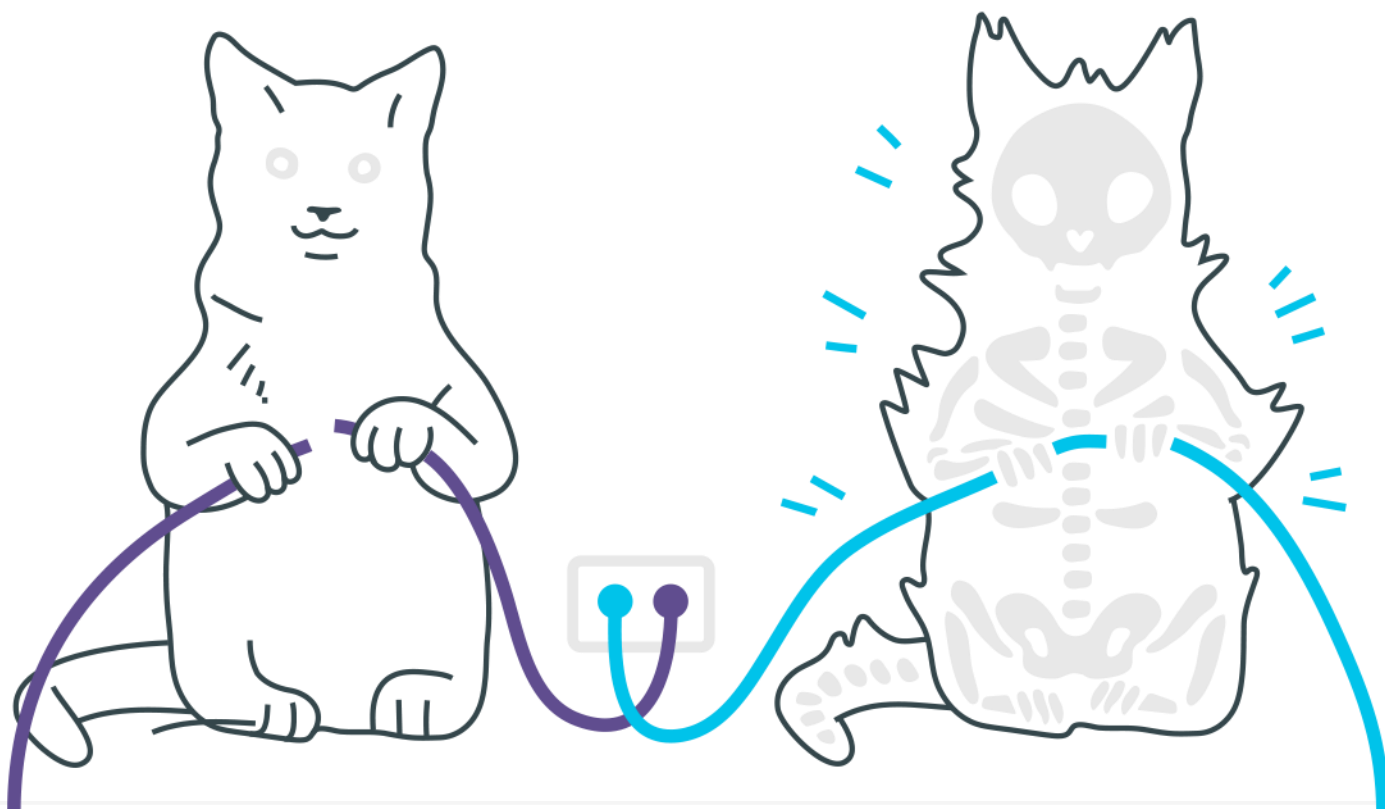


# ***Da medicina à música: sobre ouvir, sentir e ver o som***



## Spoiler da aula

### [Eficiência Energética em Edificações](#)

## Revisando a matéria em 5 minutos!



### Competência 1? Habilidade 1? O que isso tem a ver com o Enem?

Na habilidade 1, você vai precisar reconhecer a natureza dos fenômenos ondulatórios ou oscilatórios e suas aplicações em diferentes contextos usando todos os seus conhecimentos de propriedades das ondas e dos movimentos harmônicos. Entre a produção e a detecção, a informação contida nas ondas pode ser transmitida (como no caso de uma apresentação ao vivo pela Internet) ou gravada e reproduzida (através de um smartphone, por exemplo).

#### Competência 1

Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

#### Habilidade 1

Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.



### Ondas: características e propriedades

Considere duas pessoas segurando as extremidades de uma corda. Se uma delas fizer um movimento vertical brusco, para cima e depois para baixo, causará uma perturbação na corda. Isso vai gerar uma sinuosidade, que se deslocará ao longo da corda aproximando-se da

outra pessoa, enquanto a extremidade que recebeu o impulso retorna à posição inicial, por ser um meio elástico.

Nesse exemplo, a perturbação denomina-se pulso. O movimento do pulso é chamado de onda. A mão da pessoa que faz o movimento vertical é a fonte e a corda, na qual se propaga a onda, é denominada meio.

Fato importante: uma onda transmite energia sem o transporte de matéria.

## 🔊 Ondas: classificação

As ondas podem ser classificadas de três modos:

Quanto à natureza:

### Ondas mecânicas

São aquelas que precisam de um meio material para se propagar (não se propagam no vácuo).  
Exemplo: ondas em cordas ou sonoras.

### Ondas eletromagnéticas

São geradas por cargas elétricas oscilantes e não necessitam de um meio material para se propagar, podendo se propagar no vácuo.  
Exemplo: ondas de rádio, de luz, raios-X etc.

Quanto à direção de propagação:

### Unidimensionais

Se propagam numa só direção.  
Exemplo: ondas em cordas.

### Bidimensionais

Se propagam num plano.  
Exemplo: ondas na superfície de um lago.

### Tridimensionais

Se propagam em todas as direções.

Exemplo: ondas sonoras no ar atmosférico ou em metais.

Quanto à direção de vibração:

### Transversais

São aquelas cujas vibrações são perpendiculares à direção de propagação.

Exemplo: ondas em corda.

### Longitudinais

São aquelas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação.

Exemplo: ondas em molas, ondas sonoras.

A velocidade de propagação de uma onda depende da densidade linear de massa da corda ( $\mu = m/L$ ) e da intensidade da força de tração  $F$ , e é dada por  $V = \sqrt{F/\mu}$ .

## Ondas: propriedades

Ondas periódicas são formadas por pulsos que se repetem periodicamente ao longo da corda em espaços iguais.

Denomina-se período  $T$  o tempo necessário para que duas cristas consecutivas passem pelo mesmo ponto.

Chama-se frequência  $f$  o número de cristas consecutivas que passam por um mesmo ponto, em cada unidade de tempo.

Entre  $T$  e  $f$  vale a relação:

$$T = 1/f$$

A distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos é denominado comprimento de onda  $\lambda$ , valendo a relação:

$$V = \lambda f$$

## ⏮ Fenômenos ondulatórios

Quando um pulso, propagando-se numa corda, atinge sua extremidade, pode retornar para o meio em que estava se propagando. Esse fenômeno é denominado reflexão.

Se, propagando-se numa corda de menor densidade, um pulso passa para outra de maior densidade, dizemos que ele sofreu uma refração.

Quando duas ou mais ondas se propagam, simultaneamente, num mesmo meio, considera-se que aconteceu uma superposição de ondas, ou uma interferência.

Quando se coloca um obstáculo entre uma fonte sonora e o ouvido, por exemplo, o som é enfraquecido, porém não extinto. Logo, as ondas sonoras não se propagam somente em linha reta, mas sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram. Esse é o fenômeno de difração, no caso de ondas sonoras.

## ⏮ Efeito Doppler

Quando uma pessoa se aproxima de uma fonte sonora fixa, a frequência do som ouvido é maior do que aquela de quando a pessoa se afasta da fonte. O mesmo resultante seria obtido se a fonte se aproximasse ou se afastasse de uma pessoa parada.

Essa variação aparente da frequência de onda é chamada Efeito Doppler, em homenagem ao físico e matemático austríaco Christian Johann Doppler (1803-1853), que ficou conhecido por descrever esse princípio.

## Exercícios



### De aula

1. Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.

Figura 1

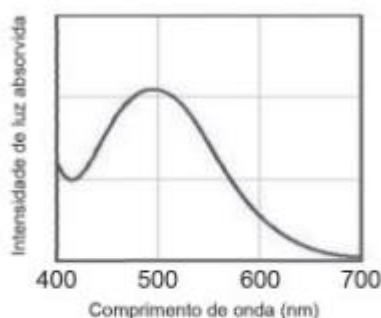
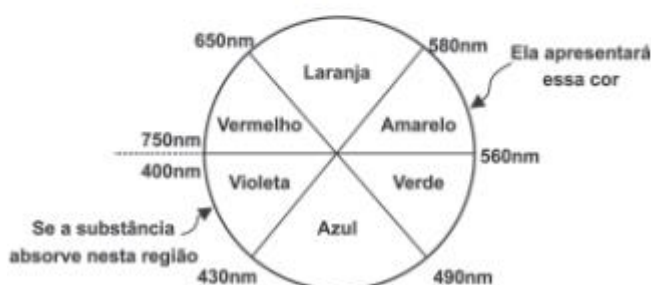


Figura 2



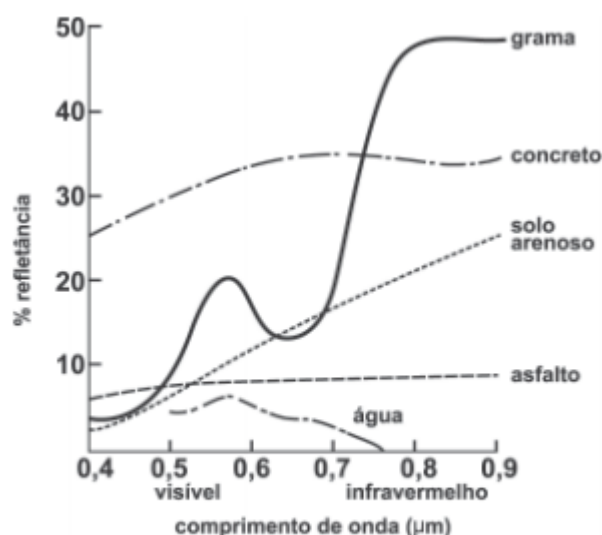
Brown, T. Química a Ciência Central. 2005 (adaptado).

Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- a) Azul.
- b) Verde.
- c) Violeta.

- d) Laranja.
- e) Vermelho.

2. O processo de interpretação de imagens capturadas por sensores instalados a bordo de satélites que imageiam determinadas faixas ou bandas do espectro de radiação eletromagnética (REM) baseia-se na interação dessa radiação com os objetos presentes sobre a superfície terrestre. Uma das formas de avaliar essa interação é por meio da quantidade de energia refletida pelos objetos. A relação entre a refletância de um dado objeto e o comprimento de onda da REM é conhecida como curva de comportamento espectral ou assinatura espectral do objeto, como mostrado na figura, para objetos comuns na superfície terrestre.



D'ARCO, E. Radiometria e Comportamento Espectral de Alvos. INPE.  
Disponível em: <http://www.agro.unitau.br>. Acesso em: 3 maio 2009.

De acordo com as curvas de assinatura espectral apresentadas na figura, para que se obtenha a melhor discriminação dos alvos mostrados, convém selecionar a banda correspondente a que comprimento de onda em micrômetros ( $\mu\text{m}$ )?

- a) 0,4 a 0,5.
- b) 0,5 a 0,6.
- c) 0,6 a 0,7.
- d) 0,7 a 0,8.
- e) 0,8 a 0,9.

3. Uma equipe de cientistas lançará uma expedição ao Titanic para criar um detalhado mapa 3D que “vai tirar, virtualmente, o Titanic do fundo do mar para o público”. A expedição ao local, a 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, está sendo apresentada como a mais sofisticada expedição científica ao Titanic. Ela utilizará tecnologias de imagem e sonar que nunca tinham sido aplicadas ao navio, para obter o mais completo inventário de seu conteúdo. Esta complementação é necessária em razão das condições do navio, naufragado há um século.

*O Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2010 (adaptado).*

No problema apresentado para gerar imagens através de camadas de sedimentos depositados no navio, o sonar é mais adequado, pois a

- a) propagação da luz na água ocorre a uma velocidade maior que a do som neste meio.
- b) absorção da luz ao longo de uma camada de água é facilitada enquanto a absorção do som não.
- c) refração da luz a uma grande profundidade acontece com uma intensidade menor que a do som.
- d) atenuação da luz nos materiais analisados é distinta da atenuação de som nestes mesmos materiais.
- e) reflexão da luz nas camadas de sedimentos é menos intensa do que a reflexão do som neste material.

4. Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum.

O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de

- a) baixa intensidade.
- b) baixa frequência.
- c) um espectro contínuo.
- d) amplitude inadequada.
- e) curto comprimento de onda.

5. Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas.



O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

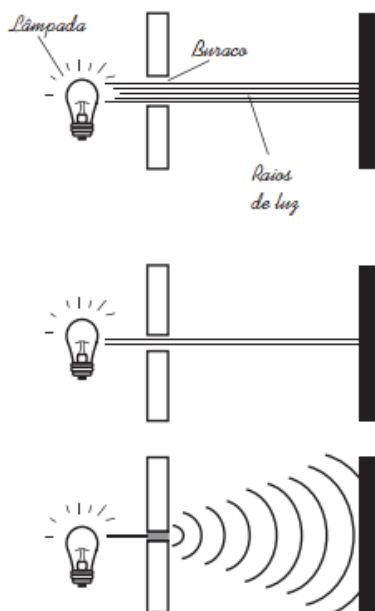
A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- a) terem fases opostas.
- b) serem ambas audíveis.
- c) terem intensidades inversas.
- d) serem de mesma amplitude.
- e) terem frequências próximas.



### De casa

1. Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



FIOLHAIS, C. Física divertida. Brasília: UnB, 2000 (adaptado).

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

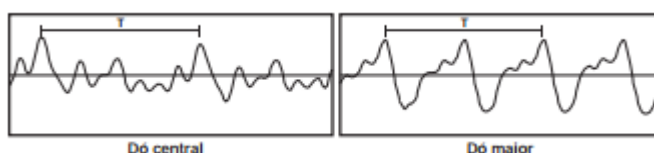
- a) Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- b) Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- c) Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- d) Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- e) Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

2. Em um dia de chuva muito forte, constatou-se uma goteira sobre o centro de uma piscina coberta, formando um padrão de ondas circulares. Nessa situação, observou-se que caíam duas gotas a cada segundo. A distância entre duas cristas consecutivas era de 25 cm e cada uma delas se aproximava da borda da piscina com velocidade de 1,0 m/s. Após algum tempo a chuva diminuiu e a goteira passou a cair uma vez por segundo.

Com a diminuição da chuva, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente,

- a) maior que 25 cm e maior que 1,0 m/s.
- b) maior que 25 cm e igual a 1,0 m/s.
- c) menor que 25 cm e menor que 1,0 m/s.
- d) menor que 25 cm e igual a 1,0 m/s.
- e) igual a 25 cm e igual a 1,0 m/s

3. Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).



A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:

- a)  $1/2$
- b) 2
- c) 1

- d)  $1/4$
- e) 4

4. Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor. WENDLING, M. Sensores.

*Disponível em: [www2.feg.unesp.br](http://www2.feg.unesp.br). Acesso em: 7 maio 2014 (adaptado).*

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

- a) da luz visível.
- b) do ultravioleta.
- c) do infravermelho.
- d) das micro-ondas.
- e) das ondas longas de rádio.

5. 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



### De aula

1. E
2. E
3. D
4. B

A questão requer que o candidato saiba e reconheça as diferentes propriedades e características oscilatórias e ondulatórias referentes aos fenômenos eletromagnéticos, em particular o espectro eletromagnético.

O bronzeamento ocorre quando as células reagem à incidência de luz ultravioleta, que possui alta frequência, e não ocorre para luz emitida pela lâmpada incandescente, que tem baixa frequência.

5. E

A questão requer que o candidato saiba as propriedades básicas dos fenômenos ondulatórios, como velocidade, frequência, período, intensidade, amplitude e forma de uma onda sonora.

O que determina a comunicação entre os pilotos e a torre de controle através de ondas eletromagnéticas é a emissão e recepção em certa faixa de frequências. Assim, a interferência pode ocorrer quando aparelhos no interior do avião opera em frequências próximas.



### De casa

1. A

A questão requer que o candidato saiba e reconheça as diferentes propriedades e características oscilatórias e ondulatórias referentes aos fenômenos eletromagnéticos e sonoros, quais sejam difração, refração, eco, reverberação etc. O fenômeno tratado no experimento é a difração, comum a todas as ondas, e que explica o fato do menino ouvir a conversa de seus colegas escondido atrás do muro. Portanto, a alternativa correta é A.

## 2. B

A questão requer que o candidato saiba as propriedades básicas dos fenômenos ondulatórios, tanto do ponto de vista qualitativo, como a maneira que a frequência e velocidade da onda dependem do meio, quanto do ponto de vista quantitativo, como o cálculo da velocidade de uma onda em um meio.

Como a velocidade da onda depende do meio pelo qual ela se propaga, para as duas situações, a velocidade da onda é constante e igual a 1 m/s.

Das informações do enunciado, temos que  $f_1 = 2f_2$ . Assim, da equação fundamental da ondulatória, vem que:

$$V_1 = V_2$$

$$V = \lambda f$$

$$\lambda_2 = 50 \text{ cm}$$

Assim, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente, maior que 25 cm e igual a 1,0 m/s.

## 3. A

A questão requer que o candidato saiba as propriedades básicas dos fenômenos ondulatórios, tanto do ponto de vista qualitativo, como o formato de uma onda sonora, quanto do ponto de vista quantitativo, como o cálculo do período e da frequência de uma onda sonora.

Nas figuras, intervalo de tempo  $T$  determina um período de oscilação para o Dó central e dois períodos para o Dó maior.

Assim, como as frequências são inversas aos períodos, temos

$$T_{\text{central}} = 2T_{\text{maior}}$$

$$1/f_{\text{central}} = 2/f_{\text{maior}}$$

$$f_{\text{central}}/f_{\text{maior}} = 1/2$$

## 4. C

A questão requer que o candidato saiba e reconheça as diferentes propriedades e características oscilatórias e ondulatórias referentes aos fenômenos eletromagnéticos, em particular o espectro eletromagnético.

O corpo humano emite radiação eletromagnética majoritariamente inserida na região infravermelha. Logo, esta é a região do espectro em que estará situada a radiação captada pelo detector.

## 5. A

A questão requer que o candidato saiba as propriedades básicas dos fenômenos ondulatórios, como velocidade, frequência, período, intensidade, amplitude e forma de uma onda sonora.

As ondas sonoras possuem várias propriedades físicas. As notas musicais são identificadas por uma dessas propriedades, a frequência.

## *Continue estudando*

[Resumo para o Enem: Ondas](#)

[Ondas, Fenômenos Ondulatórios e Qualidade do som](#)

[Exercícios de Ondas](#)

[Fenômenos ondulatórios](#)