



Resumão

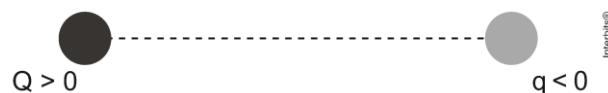
agosto

Eletrostática

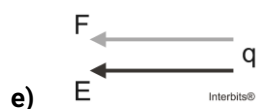
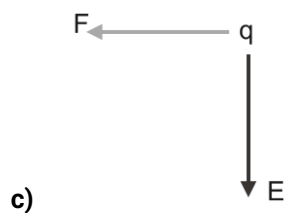
Exercícios de vestibulares



1. (Uea, 2014) Duas cargas elétricas puntiformes, Q e q , sendo Q positiva e q negativa, são mantidas a uma certa distância uma da outra, conforme mostra a figura.



A força elétrica F , que a carga negativa q sofre, e o campo elétrico E , presente no ponto onde ela é fixada, estão corretamente representados por



2. (Esc. Naval, 2021) Em relação ao Eletromagnetismo, assinale a opção INCORRETA.
- O campo elétrico resultante nos pontos internos de um condutor, em equilíbrio eletrostático, é nulo.
 - Cargas elétricas abandonadas em repouso num campo elétrico e sujeitas apenas à força elétrica deslocam-se, espontaneamente, para pontos de maior potencial elétrico.
 - A capacitância eletrostática de um condutor esférico é diretamente proporcional ao seu raio.
 - Em todo movimento espontâneo de cargas elétricas num campo elétrico, a energia potencial elétrica diminui.
 - O potencial elétrico é constante em todos os pontos da superfície externa de um condutor em equilíbrio eletrostático.

3. (Fatec) Técnica permite reciclagem de placas de circuito impresso e recuperação de metais

Circuitos eletrônicos de computadores, telefones celulares e outros equipamentos poderão ser reciclados de forma menos prejudicial ao ambiente graças a uma técnica que envolve a moagem de placas de circuito impresso.

O material moído é submetido a um campo elétrico de alta tensão para separar os materiais metálicos dos não metálicos, visto que a enorme diferença entre a condutividade elétrica dos dois tipos de materiais permite que eles sejam separados.

Considerando as informações do texto e os conceitos físicos, pode-se afirmar que os componentes:

- a) metálicos, submetidos ao campo elétrico, sofrem menor ação deste por serem de maior condutividade elétrica.
- b) metálicos, submetidos ao campo elétrico, sofrem maior ação deste por serem de maior condutividade elétrica.
- c) metálicos, submetidos ao campo elétrico, sofrem menor ação deste por serem de menor condutividade elétrica.
- d) não metálicos, submetidos ao campo elétrico, sofrem maior ação deste por serem de maior condutividade elétrica.
- e) não metálicos, submetidos ao campo elétrico, sofrem menor ação deste por serem de maior condutividade elétrica.

4. (Enem, 2014) Em museus de ciências, é comum encontrarem-se máquinas que eletrizam materiais e geram intensas descargas elétricas. O gerador de Van de Graaff (Figura 1) é um exemplo, como atestam as faíscas (Figura 2) que ele produz. O experimento fica mais interessante quando se aproxima do gerador em funcionamento, com a mão, uma lâmpada fluorescente (Figura 3). Quando a descarga atinge a lâmpada, mesmo desconectada da rede elétrica, ela brilha por breves instantes. Muitas pessoas pensam que é o fato de a descarga atingir a lâmpada que a faz brilhar. Contudo, se a lâmpada for aproximada dos corpos da situação (Figura 2), no momento em que a descarga ocorrer entre eles, a lâmpada também brilhará, apesar de não receber nenhuma descarga elétrica.

Figura 1



Gerador de Van de Graaff

Figura 2



Descarga elétrica no gerador

Figura 3



Lâmpada fluorescente

Disponível em: <http://naveastro.com>. Acesso em: 15 ago. 2012.

A grandeza física associada ao brilho instantâneo da lâmpada fluorescente, por estar próxima a uma descarga elétrica, é o(a)

- a) carga elétrica.
- b) campo elétrico.
- c) corrente elétrica.
- d) capacitância elétrica.
- e) condutividade elétrica.



5. (Enem, 2021) Há muitos mitos em relação a como se proteger de raios, cobrir espelhos e não pegar em facas, garfos e outros objetos metálicos, por exemplo. Mas, de fato, se houver uma tempestade com raios, alguns cuidados são importantes, como evitar ambientes abertos. Um bom abrigo para proteção é o interior de um automóvel, desde que este não seja conversível.

OLIVEIRA, A. Raios nas tempestades de verão. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 10 dez. 2014 (adaptado),

Qual o motivo físico da proteção fornecida pelos automóveis, conforme citado no texto?

- a) Isolamento elétrico dos pneus.
- b) Efeito de para-raios da antena.
- c) Blindagem pela carcaça metálica.
- d) escoamento da água pela lataria.
- e) Aterramento pelo fio terra da bateria.

6. (Enem, 2021)



DAVIS, J. Disponível em: <http://garfield.com>. Acesso em: 10 fev. 2015

Por qual motivo ocorre a eletrização ilustrada na tirinha?

- a) Troca de átomos entre a calça e os pelos do gato.
- b) Diminuição do número de prótons nos pelos do gato.
- c) Criação de novas partículas eletrizadas nos pelos do gato.
- d) Movimentação de elétrons entre a calça e os pelos do gato.
- e) Repulsão entre partículas elétricas da calça e dos pelos do gato.

7. (Enem, 2018) Em uma manhã ensolarada, uma jovem vai até um parque para acampar e ler. Ela monta sua barraca próxima de seu carro, de uma árvore e de um quiosque de madeira. Durante sua leitura, a jovem não percebe a aproximação de uma tempestade com muitos relâmpagos.

A melhor maneira de essa jovem se proteger dos relâmpagos é

- a) entrar no carro.
- b) entrar na barraca.
- c) entrar no quiosque.
- d) abrir um guarda-chuva.
- e) ficar embaixo da árvore.

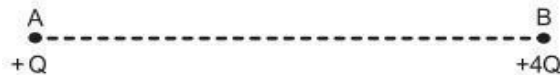
8. (Enem, 2016) Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas elétricas, os raios, que podem ocorrer: das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. As descargas ascendentes e descendentes podem ocorrer por causa do acúmulo de cargas elétricas positivas ou negativas, que induz uma polarização oposta no solo.

Essas descargas elétricas ocorrem devido ao aumento da intensidade do(a)

- a) campo magnético da Terra.
- b) corrente elétrica gerada dentro das nuvens.
- c) resistividade elétrica do ar entre as nuvens e o solo.
- d) campo elétrico entre as nuvens e a superfície da Terra.
- e) força eletromotriz induzida nas cargas acumuladas no solo.

9. Duas esferas elétricas condutoras e idênticas de cargas elétricas iguais a $+2,0\text{ C}$ e $-3,0\text{ C}$ tocam-se, transferindo elétrons entre si. A carga elétrica remanescente em cada esfera após o contato será igual a:
- a) $5,0\text{ C}$
 - b) $0,5\text{ C}$
 - c) $-0,5\text{ C}$
 - d) $-1,0\text{ C}$
 - e) 0 C

10. A Figura abaixo ilustra duas cargas elétricas puntiformes que são mantidas fixas a uma distância de 1 metro. Uma terceira carga positiva q será abandonada em um ponto C interior ao segmento imaginário AB que une as cargas $+Q$ e $+4Q$. Esse ponto C será escolhido aleatoriamente. A probabilidade de que a terceira carga, assim que for abandonada, se desloque sobre o segmento no sentido de A para B é:



- a) $1/3$
- b) $1/5$
- c) $2/3$
- d) $2/5$
- e) $1/6$

Gabarito

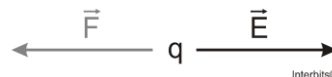
1. B

Nota: o enunciado apresenta falhas, pois a força elétrica e o vetor campo elétrico deveriam ter notação vetorial, como destacado abaixo:

“A força elétrica $\vec{F}$ que a carga negativa q sofre, e o campo elétrico $\vec{E}$ presente...”

As figuras das alternativas também ficariam melhores se fossem usadas notações vetoriais.

Sendo $Q > 0$, ela gera campo elétrico de afastamento; como $q < 0$, ela sofre força em sentido oposto ao do campo, conforme ilustrado.



2. B

As cargas elétricas positivas, quando abandonadas em repouso num campo elétrico e sujeitas apenas à força elétrica deslocam-se, espontaneamente, para pontos de menor potencial elétrico.

3. B

Corpos metálicos podem ter suas cargas mais polarizadas do que corpos isolantes, de modo que forças elétricas entre os corpos carregados e corpos neutros metálicos são no geral mais intensas do que entre corpos carregados e corpos neutros isolantes.

4. B

Corpos eletrizados geram campos elétricos e estes fazem com que as partículas existentes no interior das lâmpadas movam-se, colidindo umas com as outras, emitindo luz.

5. C

A questão aborda uma situação clássica de gaiola de Faraday. No exemplo mencionado, o carro funciona como uma gaiola, onde a pessoa fica protegida no interior do carro por conta do carro funcionar como uma blindagem eletrostática, mantendo as cargas na superfície metálica.

6. D

A charge apresenta a eletrização por atrito, o que significa que ao atritar o pelo do gato na calça da pessoa, cargas se movimentam de um corpo para o outro (eletronegatividade).

Sabemos que os prótons estão dentro do núcleo, portanto não se movem. Apenas os elétrons, livres na eletrosfera, que passam de um corpo pro outro.

7. A

Essa é uma pergunta muito tradicional, e isso acontece porque dentro do automóvel a jovem estará segura devido ao isolamento elétrico que a borracha do pneu irá proporcionar à carcaça do carro.

Além de que, por ser de material condutor, a lataria do carro é proporcional a uma Gaiola de Faraday - que seria uma blindagem eletrostática responsável por anular o campo elétrico no interior de um objeto condutor específico.

8. D

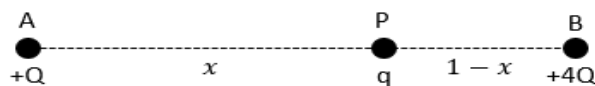
O aumento do campo elétrico entre as nuvens e o solo favorece o deslocamento de partículas carregadas (íons) que acarretam nas descargas elétricas.

9. C

Para calcularmos a carga elétrica remanescente após o contato entre as duas esferas idênticas, fazemos a média aritmética entre suas cargas:

$$Q = Q_1 + Q_2 = +2 - 3 = -1 \text{ C}$$

10. A



$$F_{AP} = \frac{k|q||Q|}{x^2} = \frac{k \cdot q \cdot Q}{x^2}$$

$$F_{BP} = \frac{k|q||4Q|}{(1-x)^2} = \frac{k \cdot q \cdot 4Q}{1-2x+x^2}$$

Temos que:

$$\begin{aligned} F_{AP} &= F_{BP} \\ \frac{k \cdot q \cdot Q}{x^2} &= \frac{k \cdot q \cdot 4Q}{1-2x+x^2} \\ 4x^2 &= 1-2x+x^2 \\ 3x^2 + 2x - 1 &= 0 \end{aligned}$$

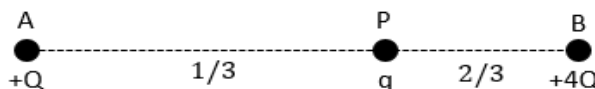
Resolvendo a equação de 2º grau:

$$\Delta = b^2 - 4ac \rightarrow \Delta = 2^2 - 4(3)(-1) = 4 + 12 = 16$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} \rightarrow x = \frac{-2 \pm \sqrt{16}}{2(3)} = \frac{-2 \pm 4}{6}$$

$$x_1 = -1; \quad x_2 = \frac{1}{3}$$

Logo, o valor de x será 1/3



Para se deslocar para B, a carga deve estar entre A e P.

Logo,

$$P = \frac{1/3}{1} = \frac{1}{3}$$

Ondas: classificação

Objetivo

Aqui, começaremos a jornada pela ondulatória e estudaremos os principais tipos de ondas: as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas.

Curiosidade

Um ótimo exemplo de onda prática, no nosso cotidiano, acontece quando os fãs presentes em um show ou em um estádio de futebol fazem uma “ola”, levantando-se de seus assentos, erguendo os braços e sentando-se novamente – todos em uma sequência e velocidade apropriadas.

Teoria

Ondulatória

Qualquer pessoa que já viu uma onda do mar tem uma noção intuitiva de onda. Contudo, a onda do mar tem muitas variáveis, e acaba não sendo um bom exemplo, confundindo um pouco alguns estudantes. **Pense em uma onda como uma perturbação que se propaga.** Por exemplo: uma fileira de dominós que é derrubada. Os dominós vão caindo e você vai acompanhando o movimento. Mas qual é o movimento? As peças do dominó não andam, apenas caem umas sobre as outras... Mas, observe, essa queda é contínua, ela se propaga entre as peças. O mesmo ocorre quando as pessoas em um estádio se levantam e se sentam em ordem (formando a “ola”). Desse modo, temos a impressão de que algo se movimenta, o que de fato é a perturbação (levantar e sentar) que se propaga. Então, podemos explicar o que são ondas:

- são perturbações que se propagam;
- transportam energia;
- não transportam matéria (a matéria recebe energia e se movimenta).

Classificação das ondas

Quando falamos de ondas, a primeira coisa importante a ser feita é **classificar essa onda**. A classificação da onda é feita observando seu comportamento em determinadas situações.

Quanto à natureza – ou seja, onde ela é formada –, podemos classificar as ondas como:

- **Mecânicas:** ondas que necessitam de um meio para se propagar. Exemplo: ondas sonoras (som);



Figura 01 – Onda mecânica. Ilustração: Rebeca Khouri, 2021.

- **Eletromagnéticas:** ondas que não necessitam de um meio para se propagar. Exemplo: radiação eletromagnética (luz).

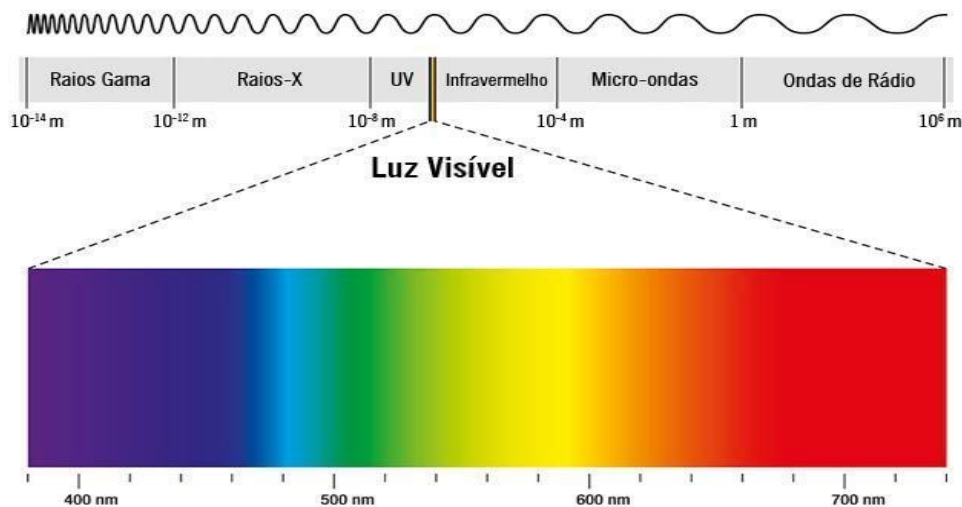


Figura 02 – Onda eletromagnética.

Fonte: todamateria.com.br – acessado em 12/12/2021.

Quanto à forma de propagação – ou seja, como a perturbação é feita –, podemos classificar as ondas como:

- **Longitudinais:** as partículas do meio vibram na direção da propagação. Exemplo: som.

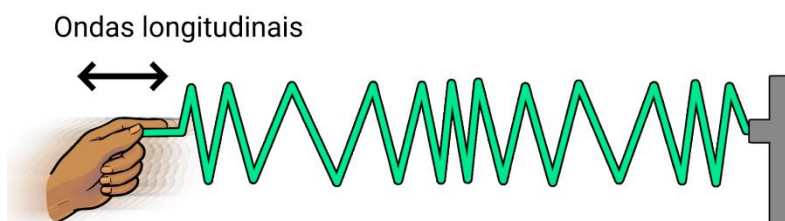


Figura 03 – Ondas longitudinais. Ilustração: Rebeca Khouri, 2021.

- **Transversais:** as partículas do meio vibram com direção perpendicular à de propagação. Exemplo: luz.

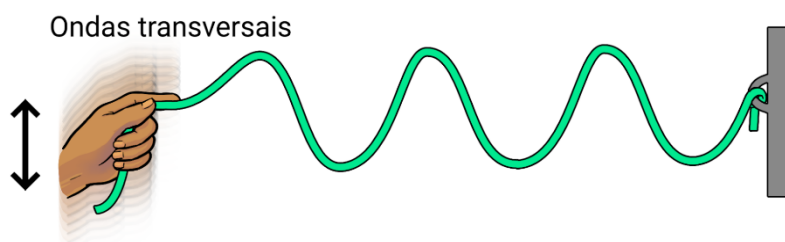


Figura 04 – Ondas transversais. Ilustração: Rebeca Khouri, 2021.

Exercícios de fixação

1. Em uma palavra, o que se move entre a fonte e o receptor no movimento ondulatório?
 2. O meio em que se propaga uma onda move-se junto com ela?
 3. Em que direção ocorrem as vibrações de uma onda transversal em relação à sua direção de propagação?
 4. O comprimento de onda de uma onda transversal é a distância entre duas cristas (ou dois ventres) sucessivas(os). Em que consiste o comprimento de onda de uma onda longitudinal?
 5. São exemplos de ondas transversais:
 - a) Ondas sonoras;
 - b) Ondas produzidas em molas;
 - c) Ondas formadas em cordas oscilantes;
 - d) Vibrações.
-

Exercícios de vestibulares



1. (EEAR, 2019 - modificada) Analise as seguintes afirmações:

- I. Ondas mecânicas se propagam no vácuo, portanto não necessitam de um meio material para se propagarem.
- II. Ondas longitudinais são aquelas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação.
- III. Ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagarem.
- IV. As ondas sonoras são transversais e não se propagam no vácuo.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmações verdadeiras.

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

2. (Enem PPL, 2017)



DAVIS, J. Disponível em: <http://garfield.com>. Acesso em: 15 ago. 2014.

A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como

- a) visível.
- b) amarela.
- c) vermelha.
- d) ultravioleta.
- e) infravermelha.



3. (UEL, 2009) Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isso porque esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120.000 Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização do mesmo. Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:
- a) O som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar;
 - b) O som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas;
 - c) A velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases;
 - d) A velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes;
 - e) O som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.
4. (Enem PPL, 2019) Um professor percebeu que seu apontador a *laser*, de luz monocromática, estava com o brilho pouco intenso. Ele trocou as baterias do apontador e notou que a intensidade luminosa aumentou sem que a cor do *laser* se alterasse. Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética e apresenta propriedades como amplitude, comprimento de onda, fase, frequência e velocidade.
- Dentre as propriedades de ondas citadas, aquela associada ao aumento do brilho do *laser* é o(a)
- a) amplitude.
 - b) frequência.
 - c) fase da onda.
 - d) velocidade da onda.
 - e) comprimento de onda.
5. (Unesp, 2017) Radares são emissores e receptores de ondas de rádio e têm aplicações, por exemplo, na determinação de velocidades de veículos nas ruas e rodovias. Já os sonares são emissores e receptores de ondas sonoras, sendo utilizados no meio aquático para determinação da profundidade dos oceanos, localização de cardumes, dentre outras aplicações. Comparando-se as ondas emitidas pelos radares e pelos sonares, temos que:
- a) as ondas emitidas pelos radares são mecânicas e as ondas emitidas pelos sonares são eletromagnéticas;
 - b) ambas as ondas exigem um meio material para se propagarem e, quanto mais denso for esse meio, menores serão suas velocidades de propagação;
 - c) as ondas de rádio têm oscilações longitudinais e as ondas sonoras têm oscilações transversais;
 - d) as frequências de oscilação de ambas as ondas não dependem do meio em que se propagam;
 - e) a velocidade de propagação das ondas dos radares pela atmosfera é menor do que a velocidade de propagação das ondas dos sonares pela água.
-

6. (UEM, 2016) Assinale a alternativa que indica as frases corretas.
- I. Uma onda é uma perturbação que se propaga sem transporte de matéria e tem como exemplos as ondas sonoras, as luminosas e as sísmicas.
 - II. As ondas mecânicas, como as ondas na superfície de um lago ou em uma corda de violão, se propagam por um meio material.
 - III. As ondas eletromagnéticas, como as ondas de rádio e as de micro-ondas, se propagam exclusivamente no vácuo.
 - IV. Quando partículas de um determinado meio elástico são atingidas por frentes de ondas transversais, estas partículas sofrem deslocamentos na direção de propagação da onda. Desta forma, estas partículas podem percorrer grandes distâncias.
- a) I e II.
 - b) I.
 - c) II e III.
 - d) III e IV.
 - e) I, II, III e IV.
7. (Enem, 2012) 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.
8. (UCS, 2016) Um cenário que começa a preocupar os especialistas em tecnologia é o limite que as fibras óticas apresentam para suportar o transporte de quantidades maiores de informação na forma de ondas eletromagnéticas, a fim de suportar a demanda da internet. Em essência, uma onda eletromagnética é caracterizada por
- a) um campo elétrico constante no espaço e no tempo e um campo magnético que varia no tempo.
 - b) campos elétrico e magnético se propagando no espaço, assumindo valores máximos e mínimos periodicamente.
 - c) um campo magnético constante no espaço e no tempo e um campo elétrico que varia no tempo.
 - d) variações de pressão mecânica no material.
 - e) oscilações longitudinais e transversais simultâneas do meio material.
-

9. (Unisinos, 2016) Na Bíblia Sagrada, em GÊNESIS, capítulo 1, versículos 1 a 5, lê-se:
1. No princípio, Deus criou os céus e a terra;
 2. A terra, entretanto, era sem forma e vazia. A escuridão cobria o mar que envolvia toda a terra, e o Espírito de Deus se movia sobre a face das águas;
 3. Disse Deus: "Haja luz!", e houve luz;
 4. Viu Deus que a luz era boa; e separou a luz das trevas;
 5. Chamou Deus à luz "Dia", e às trevas chamou "Noite". Houve, então, a tarde e a manhã: o primeiro dia.

Ao comparar-se a luz (onda luminosa) com o som (onda sonora), afirma-se que

- I. a luz é uma onda transversal e o som, uma onda longitudinal.
- II. a luz é uma onda eletromagnética e o som, uma onda mecânica.
- III. no ar, a velocidade com que a luz se propaga é menor que a do som.

Sobre as proposições anteriores, pode-se afirmar que

- a) apenas I está correta.
- b) apenas I e II estão corretas.
- c) apenas I e III estão corretas.
- d) apenas II e III estão corretas.
- e) I, II e III estão corretas.

10. (Enem, 2014) 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. 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.

Gabaritos

Exercícios de fixação

1. A energia se desloca da fonte para o receptor.
2. Não, a onda transporta apenas energia, independente do meio em que esteja. Se a onda se propaga no ar, ela irá se mover sem transportar as moléculas do ar.
3. No caso de uma onda transversal, as vibrações são perpendiculares à direção de propagação da onda.
4. O comprimento de uma onda longitudinal é a distância entre compressões e rarefações sucessivas.
5. **C**
Dentre as ondas citadas nas alternativas, a única que se propaga em uma direção perpendicular ao estímulo é a onda que se forma nas cordas.

Exercícios de vestibulares

1. **C**
 - I. Falsa. Ondas mecânicas necessitam de meio material para se propagar. Portanto não se propagam no vácuo.
 - II. Verdadeira. Descrição correta de ondas longitudinais.
 - III. Verdadeira. Ao contrário das ondas mecânicas, as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo, não precisando de um meio material para se propagarem.
 - IV. Falsa. As ondas sonoras não se propagam no vácuo, mas são longitudinais.
 2. **D**
A faixa espectral em questão é a ultravioleta, que possui o menor comprimento de onda do espectro, e consequentemente a maior frequência e energia transportada, podendo apresentar riscos para as formas de vida na Terra.
 3. **E**
A direção de perturbação e a direção de deslocamento da onda são coincidentes na onda sonora, de modo que o som é uma onda longitudinal. Sendo, ainda, mecânica, necessita de meio material para sua propagação. A onda sonora depende da temperatura e da pressão dos gases quando ela se propaga por eles.
 4. **A**
Dentre as propriedades da luz, a característica responsável pelo seu brilho é a amplitude.
 5. **D**
Seja a onda mecânica ou eletromagnética, a frequência independe do meio, mas da fonte de emissão.
 6. **A**
 - I. Verdadeiro. Ondas não transportam matéria, apenas energia.
 - II. Verdadeiro. As ondas citadas são as mecânicas, e elas necessitam de um meio para se propagar.
 - III. Falso. As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar, podendo se propagar no vácuo ou em outro meio, como a ar da Terra por exemplo.
-

IV. Falso. Nas ondas transversais, a direção de vibração é perpendicular à direção de propagação da onda. Faça, em casa, o seguinte experimento: pegue uma corda, amarre uma fita colorida e faça um movimento transversal. Você irá perceber que a fita sobe e desce; ou seja, a fita não irá sofrer deslocamento na direção de propagação da onda.

7. **B**

As radiações emitidas pela lâmpada incandescente são de frequências inferiores às da ultravioleta.

8. **B**

Ondas eletromagnéticas são ondas transversais. Nestas ondas, a direção de vibração é perpendicular à direção de propagação da onda. Em outras palavras, são ondas do tipo cossenoidal, assumindo valores de máximos e mínimos.

9. **B**

III. Falsa. A velocidade da luz no ar é muito próxima a $3,0 \cdot 10^8 m/s$ contra $3,4 \cdot 10^2 m/s$ do som no ar, chegando a um milhão de vezes a ordem de grandeza dessa diferença.

10. **C**

O corpo humano emite radiação predominantemente na faixa do infravermelho (ondas de calor) que é captada pelo detector.

Ondas: ondas periódicas

Objetivos

Aprofundarmos os conhecimentos em ondas periódicas, com foco na parte matemática das questões e na equação fundamental da ondulatória.

Curiosidade

Você sabia que “ondas periódicas” faz parte do conteúdo que mais cai no Enem?! Ondulatória é uma das temáticas favoritas do Enem, e a equação fundamental da ondulatória é uma equação que aparece em quase todas as provas anuais do país.

Teoria

Ondas periódicas

Nesta aula, nós vamos analisar as **características e as grandezas** ligadas a uma **onda periódica**. Ondas periódicas são ondas feitas por uma fonte que executa **oscilações de forma periódica**; ou seja, uma fonte capaz de gerar **o mesmo pulso em um intervalo de tempo controlado**. É preciso reconhecer algumas características das ondas:

- O ponto mais alto é chamado de **crista**;
- O ponto mais baixo é chamado de **vale ou depressão**;
- A distância do eixo **central até o ponto mais alto ou até o mais baixo** é chamado de **amplitude**;
- A distância entre **duas cristas ou entre dois vales consecutivos** é chamado de **comprimento de onda**.

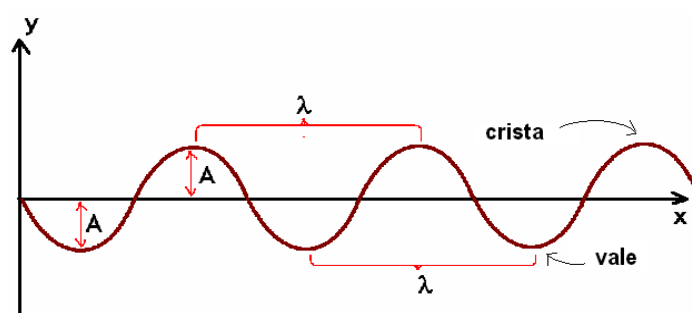


Figura 01 – Onda periódica.

$A = \textit{amplitude}$ $\lambda = \textit{comprimento de onda}$
--

Equação fundamental da ondulatória

A equação fundamental da ondulatória tem a função de relacionar três grandezas ligadas a uma onda periódica: **velocidade, frequência e comprimento de onda**. Vamos para as definições dessas grandezas e suas unidades de medida no SI:

- Período (T): tempo necessário para completar uma oscilação. $[T] = s$;
- Frequência (f): número de oscilações em um período definido. $[f] = s^{-1} = RPS = Hz$;
- Velocidade (v) = razão entre o comprimento de onda e o período da onda. $[v] = m/s$;
- Comprimento de onda (λ) = distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos. $[\lambda] = m$.

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \text{Equação fundamental da ondulatória}$$

É importante, também, lembrar de algumas relações já vistas, como a relação entre período e frequência estudadas no movimento circular uniforme:

$$T = \frac{1}{f}$$

Exercícios de fixação

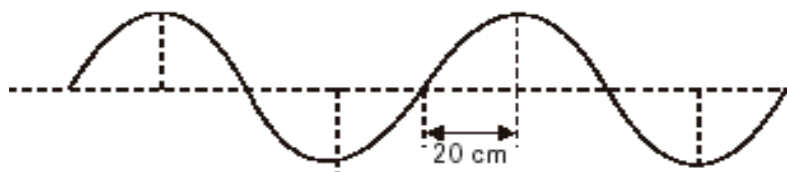
1. Uma onda periódica, cujo comprimento de onda é igual a 5 cm, propaga-se em uma corda com velocidade igual a 200 m/s. A frequência dessa onda é:
 - a) 1000 Hz;
 - b) 400 Hz;
 - c) 4 kHz;
 - d) 40 kHz;
 - e) 150 Hz.

2. Determinada onda completa 12 oscilações a cada minuto. Determine sua frequência e seu período em unidades do sistema internacional e assinale a alternativa correta:
 - a) 5,0 Hz e 0,2 s;
 - b) 0,2 s e 5,0 Hz;
 - c) 0,2 Hz e 5,0 s;
 - d) 2,0 s 0,5 Hz;
 - e) 5,0 s e 2,0 Hz.

3. Determine o espaço percorrido por uma onda mecânica de comprimento de onda 5,0 mm e frequência igual a 200 kHz durante um intervalo de tempo de 0,2 s.
 - a) 100 m;
 - b) 1000 m;
 - c) 200 m;
 - d) 200 mm.

4. (Ufac) A velocidade do som no ar, a determinada temperatura, é de 340 m/s. Em média, o ouvido humano é capaz de ouvir sons entre 20 Hz e 20.000 Hz. Sendo assim, o som mais agudo (maior frequência) que o ouvido humano possui a capacidade de ouvir tem comprimento de onda igual a:
 - a) 20 cm;
 - b) 20.000 cm;
 - c) 17 mm;
 - d) 17 cm;
 - e) 17 dm.

5. (Unifor, 2001) Na figura, está representada a configuração de uma onda mecânica que se propaga com velocidade de 20 m/s.



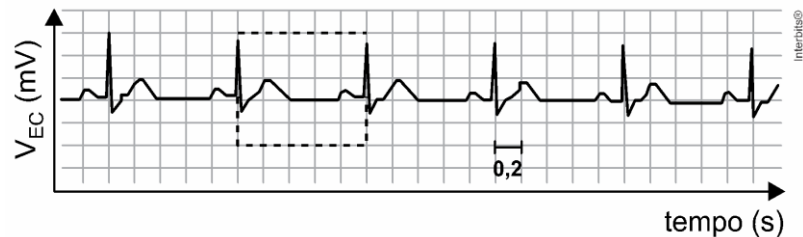
A frequência da onda, em hertz, vale:

- a) 5,0;
- b) 10;
- c) 20;
- d) 25;
- e) 50.

Exercícios de vestibulares

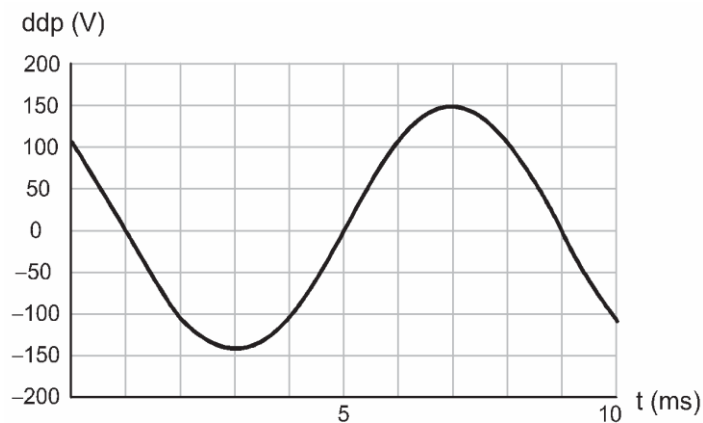


1. (Enem, 2021) O eletrocardiograma é um exame cardíaco que mede a intensidade dos sinais elétricos advindos do coração. A imagem apresenta o resultado típico obtido em um paciente saudável e a intensidade do sinal (V_{EC}) em função do tempo.



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 PPL, 2017) O osciloscópio é um instrumento que permite observar uma diferença de potencial (ddp) em um circuito elétrico em função de tempo ou em função de outra ddp. A leitura do sinal é feita em uma tela sob a forma de um gráfico tensão $\times$ tempo.



BOMFIM, M. Disponível em: www.ufpr.br. Acesso em: 14 ago. 2012 (adaptado).

A frequência de oscilação do circuito elétrico estudado é mais próxima de

- a) 300 Hz.
- b) 250 Hz.
- c) 200 Hz.
- d) 150 Hz.
- e) 125 Hz.

3. (Enem, 2ª aplicação, 2016) As notas musicais podem ser agrupadas de modo a formar um conjunto. Esse conjunto pode formar uma escala musical. Dentre as diversas escalas existentes, a mais difundida é a escala diatônica, que utiliza as notas denominadas *dó*, *ré*, *mi*, *fá*, *sol*, *lá* e *si*. Essas notas estão organizadas em ordem crescente de alturas, sendo a nota *dó* a mais baixa e a nota *si* a mais alta.

Considerando uma mesma oitava, a nota *si* é a que tem menor

- a) amplitude.
 - b) frequência.
 - c) velocidade.
 - d) intensidade.
 - e) comprimento de onda.
4. (Enem PPL, 2016) Em mídias ópticas como CDs, DVDs e *blue-rays*, a informação é representada na forma de *bits* (zeros e uns) e é fisicamente gravada e lida por feixes de luz *laser*. Para gravar um valor “zero”, o *laser* brilha intensamente, de modo a “queimar” (tomar opaca) uma pequena área do disco, de tamanho comparável a seu comprimento de onda. Ao longo dos anos, as empresas de tecnologia vêm conseguindo aumentar a capacidade de armazenamento de dados em cada disco; em outras palavras, a área usada para se representar um *bit* vem se tornando cada vez mais reduzida.

Qual alteração da onda eletromagnética que constitui o *laser* permite o avanço tecnológico citado no texto?

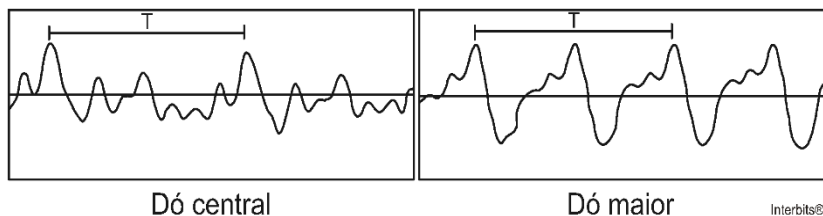
- a) A diminuição de sua energia.
 - b) O aumento de sua frequência.
 - c) A diminuição de sua amplitude.
 - d) O aumento de sua intensidade.
 - e) A diminuição de sua velocidade.
5. (Enem PPL, 2010) Ao contrário dos rádios comuns (AM ou FM), em que uma única antena transmissora é capaz de alcançar toda a cidade, os celulares necessitam de várias antenas para cobrir um vasto território. No caso dos rádios FM, a frequência de transmissão está na faixa dos *MHz* (ondas de rádio), enquanto, para os celulares, a frequência está na casa dos *GHz* (micro-ondas). Quando comparado aos rádios comuns, o alcance de um celular é muito menor.

Considerando-se as informações do texto, o fator que possibilita essa diferença entre propagação das ondas de rádio e as de micro-ondas é que as ondas de rádio são

- a) facilmente absorvidas na camada da atmosfera superior conhecida como ionosfera.
- b) capazes de contornar uma diversidade de obstáculos como árvores, edifícios e pequenas elevações.
- c) mais refratadas pela atmosfera terrestre, que apresenta maior índice de refração para as ondas de rádio.
- d) menos atenuadas por interferência, pois o número de aparelhos que utilizam ondas de rádio é menor.
- e) constituídas por pequenos comprimentos de onda que lhes conferem um alto poder de penetração em materiais de baixa densidade.

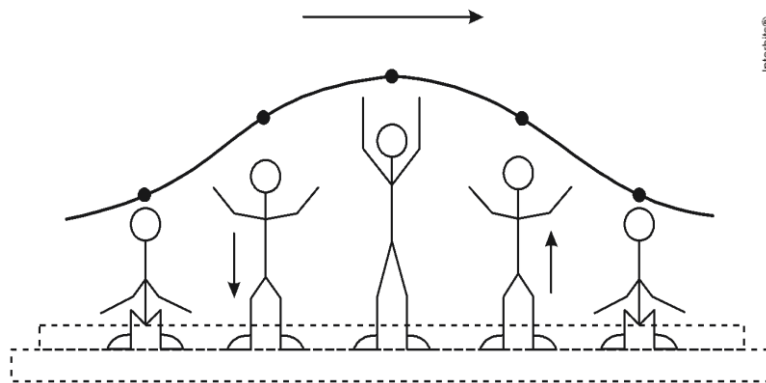


6. (Enem, 2013) Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).



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

- a) $\frac{1}{2}$
 - b) 2
 - c) 1
 - d) $\frac{1}{4}$
 - e) 4
7. (Enem, 2013) Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a ola mexicana. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).

Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é de 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e se sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm.

Nessa ola mexicana, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de

- a) 0,3.
- b) 0,5.
- c) 1,0.
- d) 1,9.
- e) 3,7.

8. (Enem PPL, 2011) Na câmara de cozimento de um forno de micro-ondas, a flutuação do campo elétrico é adequada para o aquecimento da água. Esse tipo de forno utiliza micro-ondas com frequência de $2,45 \text{ GHz}$ para alterar a orientação das moléculas de água bilhões de vezes a cada segundo. Essa foi a frequência escolhida, porque ela não é usada em comunicações e, também porque dá às moléculas de água o tempo necessário para completar uma rotação. Dessa forma, um forno de micro-ondas funciona através do processo de ressonância, transferindo energia para os alimentos.

TORRES, C. M. A. et al. *Física: ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2001 (adaptado).

Sabendo que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no meio é de cerca de $3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, qual é, aproximadamente, o comprimento de onda da micro-onda presente no forno, em cm ?

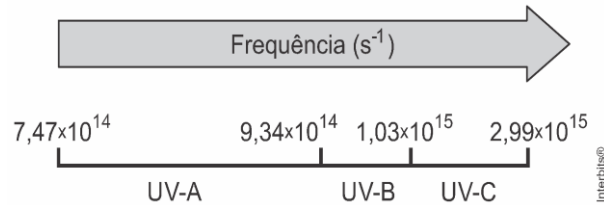
- a) 0,12
 - b) 1,22
 - c) 8,17
 - d) 12,2
 - e) 817
9. (Enem, 2018) O sonarizador é um dispositivo físico implantado sobre a superfície de uma rodovia de modo que provoque uma trepidação e ruído quando da passagem de um veículo sobre ele, alertando para uma situação atípica à frente, como obras, pedágios ou travessia de pedestres. Ao passar sobre os sonarizadores, 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 $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sobre um sonarizador cujas faixas são separadas por uma distância de 8 cm .

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

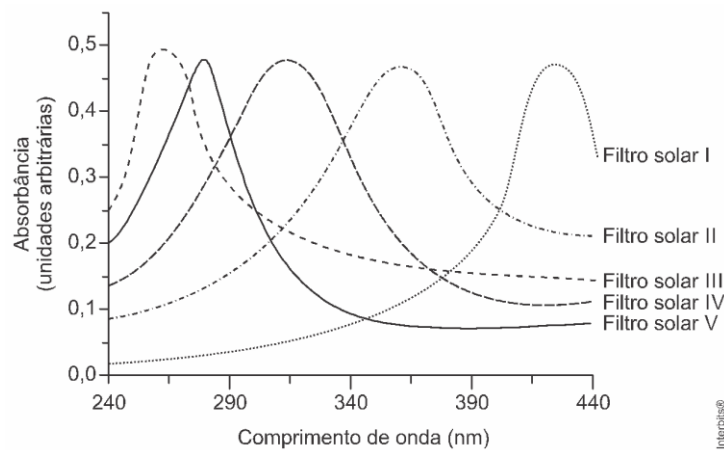
A frequência da vibração do automóvel percebida pelo condutor durante a passagem nesse sonarizador é mais próxima de

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

10. (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 = $3,0 \times 10^8 \frac{m}{s}$ e $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9} \text{ m}$.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o

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

Se liga!

Sua específica é naturezas e quer continuar treinando esse conteúdo?
Clique [aqui](#) para fazer uma lista extra de exercícios.

Gabaritos

Exercícios de fixação

1. C

$$v = \lambda \cdot f$$

$$200 = 0,05 \cdot f$$

$$f = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ kHz}$$

2. C

$$f = \frac{12}{60} = 0,2 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ s}$$

3. C

$$v = \lambda \cdot f$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta T} = \lambda \cdot f$$

$$\frac{\Delta S}{0,2} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^3$$

$$\Delta S = 200 \text{ m}$$

4. C

$$v = \lambda \cdot f$$

$$340 = \lambda \cdot 20000$$

$$\lambda = 0,017 \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

5. D

Pela figura, podemos ver que:

$$\frac{\lambda}{4} = 20 \text{ cm}$$

$$\lambda = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

Agora, podemos calcular a frequência pela equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$20 = 0,8 \cdot f$$

$$f = 25 \text{ Hz}$$

Exercícios de vestibulares

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:

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

Em 1 minuto, têm-se:

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

2. E

Se medirmos a distância horizontal entre um mínimo (3 ms) e um máximo (7 ms) no gráfico, teremos metade do período. Sendo assim:

$$\frac{T}{2} = 7 - 3 \Rightarrow T = 8 ms$$

Portanto, a frequência de oscilação do circuito é de:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-3}}$$

$$\therefore f = 125 Hz$$

3. E

Da equação fundamental da ondulatória:

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

A nota mais alta (mais aguda) é a de maior frequência, portanto, a de **menor comprimento de onda**.

4. B

Como o tamanho da área queimada é comparável ao comprimento de onda do *laser*, segue que esta deve ser diminuída para se aumentar a capacidade de armazenamento.

Pela equação da onda de luz:

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

Portanto, para se atingir o objetivo, deve-se aumentar a sua frequência.

5. B

As ondas de rádio, por terem menor frequência quando comparadas com as ondas dos celulares, possui maior comprimento de onda sendo menos afetadas por obstáculos em seu caminho. A equação fundamental das ondas nos mostra a dependência inversamente proporcional entre comprimento de onda (λ) e frequência (f) como vemos abaixo:

$$v = \lambda \cdot f$$

6. A

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

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

7. C

Sendo a distância entre duas pessoas igual a 80 cm = 0,8 m, havendo 16 pessoas (15 espaços) em cada período de oscilação, o comprimento de onda é:

$$\lambda = 15 \cdot 0,8 \Rightarrow \lambda = 12m.$$

Da equação fundamental da ondulatória temos:

$$v = \lambda f \Rightarrow \frac{45}{3,6} = 12f \Rightarrow f = \frac{12,5}{12} \Rightarrow$$

$$f = 1,04Hz.$$

8. D

Usando a equação fundamental das ondas, que relaciona a velocidade de propagação da onda com o seu comprimento de onda e sua frequência:

$$v = \lambda \cdot f$$

Substituindo os valores informados e usando as unidades do Sistema Internacional e sabendo que $1\text{ GHz} = 10^9\text{ Hz} = 10^9\text{ s}^{-1}$, temos:

$$3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = \lambda \cdot 2,45 \cdot 10^9\text{ s}^{-1}$$

Resolvendo para o comprimento de onda:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{2,45 \cdot 10^9\text{ s}^{-1}} \therefore \lambda = 1,22 \cdot 10^{-1}\text{ m}$$

Transformando a distância para centímetros:

$$\lambda = 1,22 \cdot 10^{-1}\text{ m} = 0,122\text{ m} \cdot \frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}} \therefore \lambda = 12,2\text{ cm}$$

9. C

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

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:

$$\begin{aligned} v &= \lambda \cdot f \\ 30 &= 8 \cdot 10^{-2} \cdot f \end{aligned}$$

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

10. B

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

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

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

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

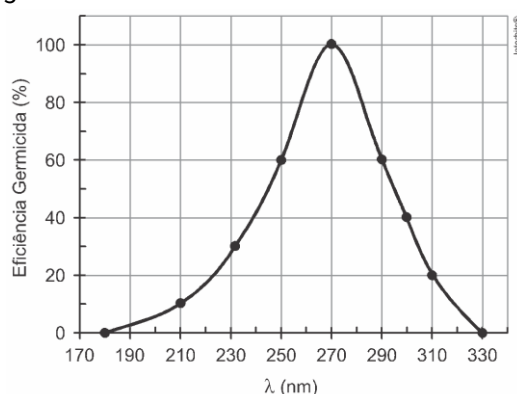
Exercícios sobre ondas periódicas



TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Lâmpadas de luz ultravioleta (UV) são indicadas para higienização e esterilização de objetos e ambientes em razão do seu potencial germicida.

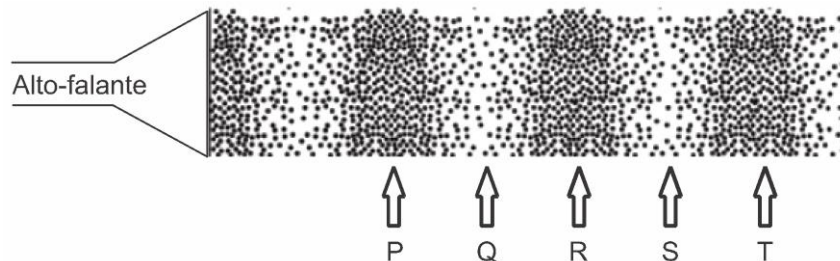
1. (Unicamp, 2021) A ação germicida da luz UV varia conforme o comprimento de onda λ da radiação. O gráfico a seguir mostra a eficiência germicida da luz UV em função de λ em sua atuação durante certo tempo sobre um agente patogênico.



Pode-se afirmar que a frequência da luz UV que gera eficiência germicida máxima neste caso é
Dado: Velocidade da luz: $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

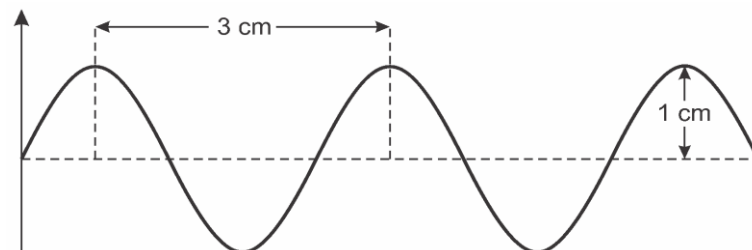
- a) $0,9 \times 10^6 \text{ Hz}$
- b) $8,1 \times 10^{10} \text{ Hz}$
- c) $5,4 \times 10^{12} \text{ Hz}$
- d) $1,1 \times 10^{15} \text{ Hz}$

2. (FCMMG, 2020) A figura abaixo mostra um alto-falante que emite um som de apenas uma frequência. Os pequenos pontos da figura representam as partículas do ar que estão vibrando com a passagem da onda sonora.



Essa onda sonora longitudinal é equivalente a outra transversal constituída de cristas e vales. Duas cristas consecutivas da onda transversal correspondente estarão situadas nas regiões indicadas pelas setas das letras P e:

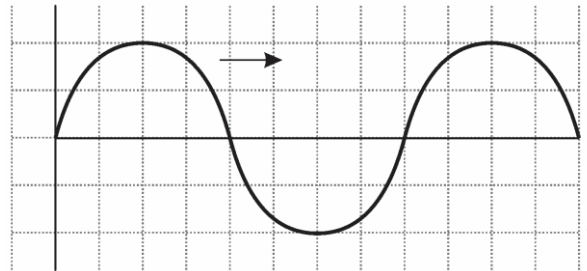
- T.
 - S.
 - R.
 - Q.
 - Nenhuma das alternativas acima.
3. (Mackenzie, 2019) O gráfico a seguir representa uma onda sonora que se propaga com uma velocidade de 340 m/s



Sabendo que o ser humano, em média, consegue ouvir sons de frequência em um espectro de 20 Hz até 20.000 Hz, esta onda sonora

- não pode ser ouvida pelo ser humano, pois apresenta frequência igual a 34.000 Hz.
- não pode ser ouvida pelo ser humano, pois apresenta frequência igual a 22.000 Hz.
- pode ser ouvida pelo ser humano, pois apresenta frequência de aproximadamente 11.300 Hz.
- pode ser ouvida pelo ser humano, pois apresenta frequência de aproximadamente 113 Hz.
- pode ser ouvida pelo ser humano, pois apresenta frequência igual a 340 Hz.

4. (EEAR, 2019) Um garoto mexendo nos pertences de seu pai, que é um professor de física, encontra um papel quadriculado como a figura a seguir.



Suponha que a figura faça referência a uma onda periódica, propagando-se da esquerda para a direita. Considerando que, no eixo das abscissas, esteja representado o tempo (em segundos); que, no eixo das ordenadas, esteja representada a amplitude da onda (em metros); que o comprimento de onda seja de 8 m e que cada quadradinho da escala da figura tenha uma área numericamente igual a 1. A sua velocidade de propagação (em metros por segundo) será de:

- a) 0,25;
- b) 1;
- c) 8;
- d) 16.

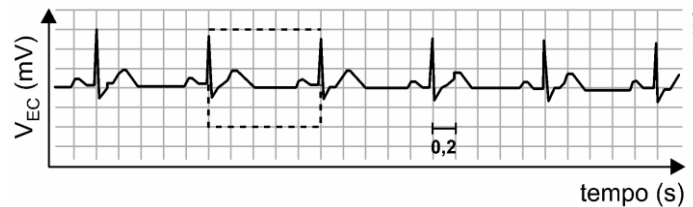


5. (Unicamp, 2019) A depilação a laser é um procedimento de eliminação dos pelos que tem se tornado bastante popular na indústria de beleza e no mundo dos esportes. O número de sessões do procedimento depende, entre outros fatores, da coloração da pele, da área a ser tratada e da quantidade de pelos nessa área. Três tipos de laser comumente utilizados para depilação têm comprimentos de onda $\lambda_1 \approx 760 \text{ nm}$, $\lambda_2 \approx 800 \text{ nm}$ e $\lambda_3 \approx 1.060 \text{ nm}$, respectivamente. Se a velocidade da luz vale $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$, o laser de maior frequência tem uma frequência de aproximadamente

Dados: se necessário, use aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, aproxime $\pi = 3$ e $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$.

- a) $3,9 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- b) $2,8 \times 10^5 \text{ Hz}$.
- c) $2,5 \times 10^{15} \text{ Hz}$.
- d) $3,7 \times 10^{12} \text{ Hz}$.

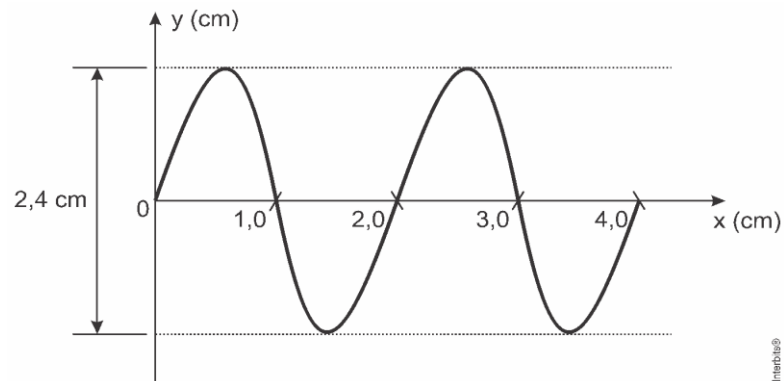
6. (Enem 2021) O eletrocardiograma é um exame cardíaco que mede a intensidade dos sinais elétricos advindos do coração. A imagem apresenta o resultado típico obtido em um paciente saudável e a intensidade do sinal (V_{EC}) em função do tempo.



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

- a) 30
b) 60
c) 100
d) 120
e) 180
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. (UECE, 2018) Luz infravermelha com comprimentos de onda entre 780 e 1.400 nm tem maior penetração na pele, podendo superar 4 mm de profundidade. Essa característica é bem útil em aplicações em que o calor é utilizado no tratamento de lesões musculares localizadas. Para essa faixa do espectro eletromagnético, as frequências, em Tera Hertz, ficam localizadas aproximadamente entre
- a) 780 e 1.400.
b) 380 e 210.
c) $780 \times 3 \times 10^8$ e $1.400 \times 3 \times 10^8$.
d) 380×10^8 e $210 \times 3 \times 10^8$.

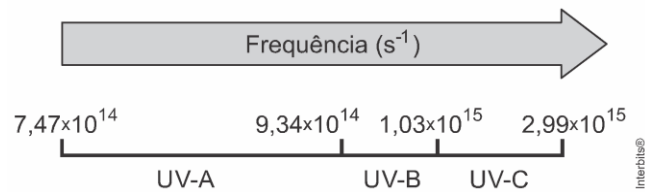
9. (Mackenzie, 2015)



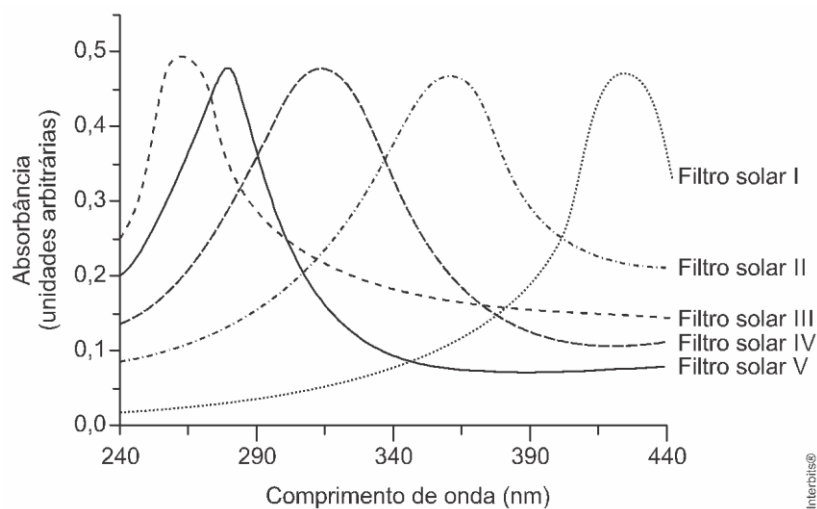
O gráfico acima representa uma onda que se propaga com velocidade constante de 200 m/s. A amplitude (A), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) da onda são, respectivamente,

- a) 2,4 cm; 1,0 cm; 40 kHz.
- b) 2,4 cm; 4,0 cm; 20 kHz.
- c) 1,2 cm; 2,0 cm; 40 kHz.
- d) 1,2 cm; 2,0 cm; 10 kHz.
- e) 1,2 cm; 4,0 cm; 10 kHz.

10. (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:



Dados: 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.

Gabarito

1. **D**

Do gráfico: $\lambda = 270\text{nm} = 270 \times 10^{-9}\text{m} \Rightarrow \lambda = 27 \times 10^{-8}\text{m}$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$c = \lambda \cdot f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{27 \cdot 10^{-8}} = 0,11 \cdot 10^{16} = 1,1 \cdot 10^{15}\text{Hz}$$

2. **C**

Como a região P representa uma crista, podemos concluir que as regiões mais escuras são as cristas, e as mais claras, os vales. Dessa forma, a crista consecutiva à da região P está na região R.

3. **C**

Da figura,

$$\lambda = 3\text{ cm} = 3 \times 10^{-2}\text{ m}$$

Aplicando a equação fundamental da ondulatória:

$$\frac{v}{\lambda} = \frac{340}{3 \times 10^{-2}} = 11.333,33 \Rightarrow f \cong 11.300\text{ Hz}$$

4. **B**

Período da onda:

$$T = 8\text{ s}$$

Logo:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8}{8} \therefore v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

5. **A**

Pela equação fundamental da ondulatória, obtemos as frequências:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{760 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow f_1 = 3,95 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{800 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow f_2 = 3,75 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$$

$$f_3 = \frac{c}{\lambda_3} = \frac{3 \cdot 10^8}{1060 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow f_3 = 2,83 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$$

Portanto, o laser 1 possui a maior frequência, valendo aproximadamente $3,9 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$.

6. B

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

Assim, o período é:

$$T = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ s}$$

Em 1 minuto, têm-se:

$$T = \frac{\Delta t}{N}$$

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

7. C

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

Como o sonarizador 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:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$30 = 8 \cdot 10^{-2} \cdot f \therefore f = 375 \text{ Hz}$$

8. B

Para $\lambda_1 = 780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$:

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{300 \cdot 10^6}{0,78 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow f_1 \cong 380 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

Para $\lambda_2 = 1400 \cdot 10^{-9} \text{ m}$:

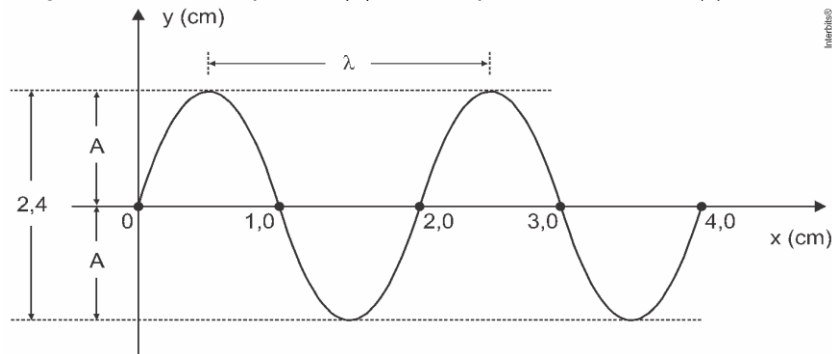
$$f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{300 \cdot 10^6}{1,4 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow f_1 \cong 210 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

Portanto:

$$210 \text{ THz} < f < 380 \text{ THz}$$

9. D

A figura mostra a amplitude (A) e o comprimento de onda (λ):



Dessa figura:

$$A = \frac{2,4}{2} \Rightarrow A = 1,2 \text{ cm}$$

$$\lambda = 2 \text{ cm}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{200}{0,02} \Rightarrow f = 10.000 \text{ Hz} \Rightarrow f = 10 \text{ kHz}$$

10. B

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

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

Assim:

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

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

Reflexão e refração

Objetivo

Estudamos os primeiros fenômenos ondulatórios, assunto essencial para o ENEM: reflexão, refração e difração. Embora tenham nomes parecidos, são fenômenos bem distintos.

Se liga

Quer saber mais sobre ondas? Olhe esse [mapa mental!](#)

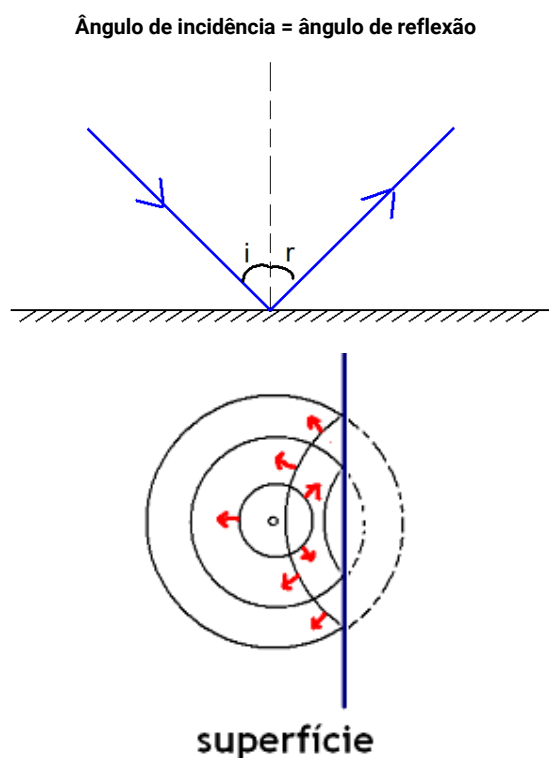
Curiosidade

No crossfit, os alunos utilizam a corda naval gerando pulsos que refletem no ponto onde está fixada.

Teoria

Reflexão

A reflexão ondulatória é a mesma da reflexão da óptica geométrica. Há apenas uma análise diferenciada para alguns casos.

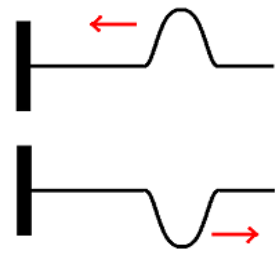


Na reflexão pode ocorrer apenas mudança de direção. As outras grandezas se mantêm.

Reflexão em cordas

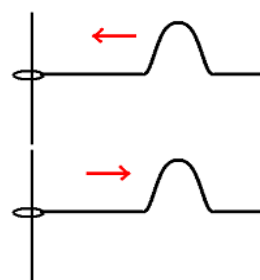
Pode ocorrer com uma corda fixa a uma parede ou livre para oscilar. Ao produzir um pulso na corda, os pontos vibram para cima e para baixo. Desse modo o pulso tenta levantar e abaixar a corda. Quando o pulso alcança a extremidade podemos ter duas situações:

Na corda fixa há a inversão de fase, pois a parede oferece resistência ao pulso que se propaga e tenta "levantar" a parede. A parede exerce uma força contrária (ação e reação) e o pulso volta invertido.



corda fixa

Na corda livre não há inversão de fase, o pulso retorna do mesmo modo, pois a parte livre não oferece resistência.



corda livre

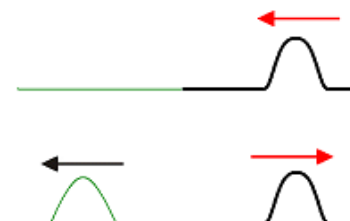
Refração

Refração é o fenômeno caracterizado pela mudança na velocidade da onda. Possui a mesma estrutura da refração da óptica geométrica, com mais alguns detalhes:

- **Não há variação de frequência ou período para uma onda que sofre refração.** O comprimento de onda é que varia de forma diretamente proporcional à velocidade.
- **Não é preciso mudança de direção ou de meio para que ocorra refração.** É preciso que ocorram mudanças nas características do meio para que a velocidade modifique. Por exemplo, para uma onda do mar, basta mudar a profundidade que teremos mudança de velocidade, para uma onda sonora a velocidade no ar quente é diferente do ar frio.

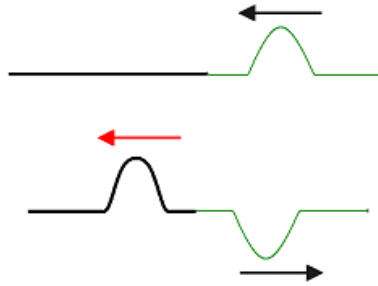
Refração em cordas

A mudança de velocidade de uma onda em uma corda ocorre quando há cordas de densidades lineares diferentes. Observe um pulso que se propaga de uma corda grossa para uma corda fina.



Na corda fina o pulso refratado terá maior velocidade e maior comprimento de onda. Observe que há também o surgimento de um pulso refletido que retorna na mesma fase (a corda fina não oferece resistência, funciona como reflexão de corda livre).

Observe um pulso que se propaga de uma corda fina para uma corda grossa:



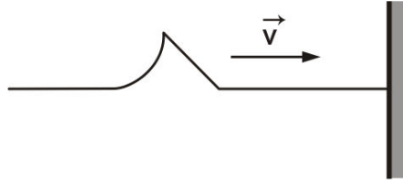
Na corda fina o pulso refratado terá menor velocidade e menor comprimento de onda. Observe que há também o surgimento de um pulso refletido que retorna na fase oposta (a corda grossa oferece resistência, funciona como reflexão de corda fixa).

A Lei de Snell também é válida, sendo seu uso através da relação de velocidade mais comum. Na óptica seu uso comum é com o índice de refração:

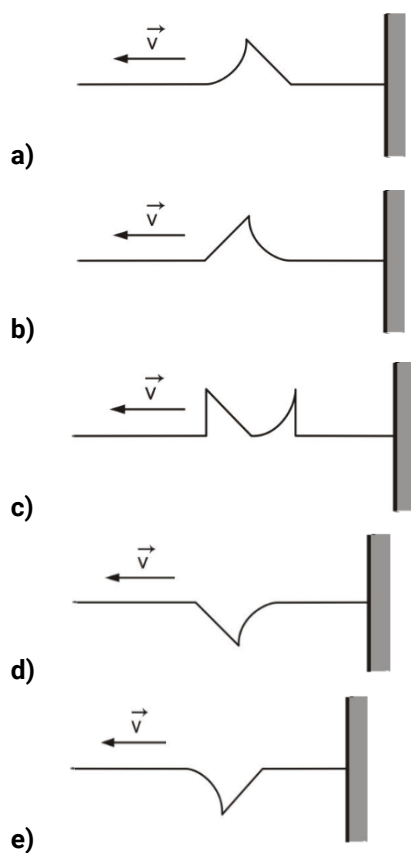
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

Exercícios de Fixação

1. A figura mostra um pulso que se aproxima de uma parede rígida onde está fixada a corda.

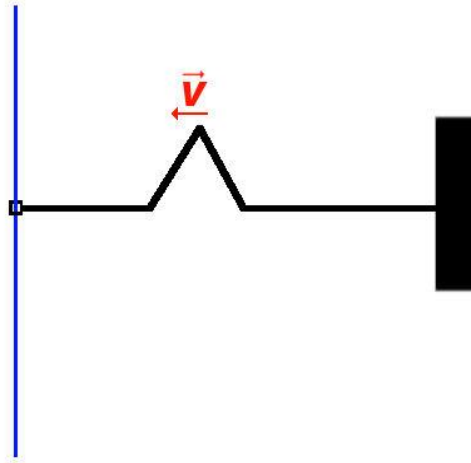


Supondo que a superfície reflita perfeitamente o pulso, deve-se esperar que no retorno, após uma reflexão, o pulso assuma a configuração indicada em:



2. Marque a alternativa incorreta a respeito de ondas refletidas em cordas.
- a reflexão sempre ocorre com inversão de fase quando a extremidade da corda é fixa.
 - a reflexão sempre ocorre mantendo-se a fase quando a extremidade da corda é livre.
 - pode-se considerar que, na reflexão de um pulso em uma extremidade fixa, a amplitude da onda terá o sinal alterado.
 - na passagem de uma onda entre uma corda grossa e uma corda fina, o pulso, além da refração, sofrerá reflexão com inversão de fase.
 - todas as alternativas estão incorretas.

3. A imagem abaixo mostra uma onda que se propaga em uma corda que possui a extremidade esquerda livre e a extremidade da direita fixa. Marque a alternativa que traz a informação correta a respeito das possíveis reflexões sofridas pelo pulso.



- a) Em todos os casos de reflexões, o pulso sempre manterá sua fase.
 - b) Ao ser refletido e voltar para extremidade fixa, o pulso voltará com a fase invertida.
 - c) Da próxima vez que o pulso voltar à extremidade livre, sua fase será invertida em relação àquela apresentada na figura.
 - d) Da próxima vez que o pulso voltar à extremidade livre, sua fase será a mesma daquela apresentada na figura.
 - e) Todas as alternativas estão incorretas.
4. (FGV) Verifica-se que, ao sofrer refração, um trem de ondas mecânicas apresenta um novo perfil de oscilação, em que a distância entre duas cristas consecutivas de suas ondas tornou-se maior. Comparativamente ao que possuía o trem de ondas antes da refração, a frequência se _____, a velocidade de propagação se _____ e a amplitude se manteve, já que o novo meio é _____refringente.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) alterou ... alterou ... menos
- b) alterou ... manteve ... mais
- c) manteve ... alterou ... mais
- d) manteve ... alterou ... menos
- e) manteve ... manteve ... mais

5. Marque a alternativa correta a respeito da refração de ondas.
- a) A região de maior velocidade da onda sempre possuirá ondas de maior frequência.
 - b) Em um lago, as regiões mais rasas apresentam ondas mais velozes que as ondas de regiões mais profundas.
 - c) Na refração, as ondas mantêm seu comprimento de onda inalterado, pois essa característica depende exclusivamente da fonte.
 - d) Em um lago, as regiões mais rasas apresentam ondas menos velozes que as ondas de regiões mais profundas.
 - e) A região de maior velocidade da onda sempre possuirá ondas de menor frequência.
-

Exercícios de Vestibulares



1. **(Enem digital 2020)** Para se deslocar e obter alimentos, alguns mamíferos, como morcegos e golfinhos, contam com a sofisticada capacidade biológica de detectar a posição de objetos e animais pela emissão e recepção de ondas ultrassônicas.
O fenômeno ondulatório que permite o uso dessa capacidade biológica é a
 - a) reflexão.
 - b) difração.
 - c) refração.
 - d) dispersão.
 - e) polarização.

 2. **(Enem PPL 2014)** O sonar é um equipamento eletrônico que permite a localização de objetos e a medida de distâncias no fundo do mar, pela emissão de sinais sônicos e ultrassônicos e a recepção dos respectivos ecos. O fenômeno do eco corresponde à reflexão de uma onda sonora por um objeto, a qual volta ao receptor pouco tempo depois de o som ser emitido. No caso do ser humano, o ouvido é capaz de distinguir sons separados por, no mínimo, 0,1 segundo.
Considerando uma condição em que a velocidade do som no ar é 340m/s, qual é a distância mínima a que uma pessoa deve estar de um anteparo refletor para que se possa distinguir o eco do som emitido?
 - a) 17m
 - b) 34m
 - c) 68m
 - d) 1700m
 - e) 3400m

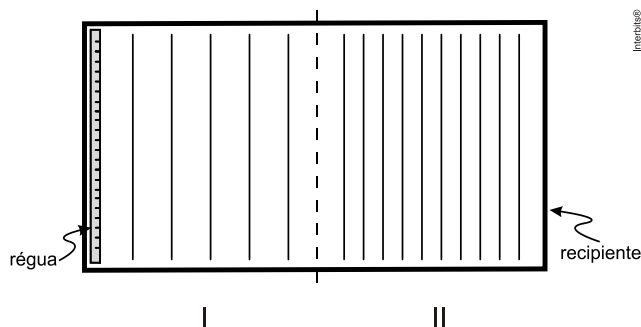
 3. **(Imed 2016)** Na medida em que se aproximam da beira da praia, as ondas reduzem a sua velocidade de propagação. Isso ocasiona uma redução no comprimento da onda, deixando as cristas mais próximas. Além disso, outra consequência da redução da velocidade da onda é a mudança na direção de propagação das ondas, o que faz com que as ondas cheguem com velocidades perpendiculares à orla da praia.
Esse fenômeno ondulatório é entendido como:
 - a) Reflexão.
 - b) Refração.
 - c) Interferência.
 - d) Polarização.
 - e) Difração.
-

4. (G1 - utfpr 2016) Quando aplicada na medicina, a ultrassonografia permite a obtenção de imagens de estruturas internas do corpo humano. Ondas de ultrassom são transmitidas ao interior do corpo. As ondas que retornam ao aparelho são transformadas em sinais elétricos, amplificadas, processadas por computadores e visualizadas no monitor de vídeo. Essa modalidade de diagnóstico por imagem baseia-se no fenômeno físico denominado:
- a) ressonância.
 - b) reverberação.
 - c) reflexão.
 - d) polarização.
 - e) dispersão.
5. (Eear 2018) Uma onda propagando-se em um meio material passa a propagar-se em outro meio cuja velocidade de propagação é maior do que a do meio anterior. Nesse caso, a onda, no novo meio tem
- a) sua fase invertida.
 - b) sua frequência aumentada.
 - c) comprimento de onda maior.
 - d) comprimento de onda menor.
- 
6. (Uece 2018) No ouvido, para a chegada de informações sonoras ao cérebro, o som se propaga, de modo simplificado, por três meios consecutivos: o ar, no ouvido médio, um meio sólido (os ossos martelo, bigorna e estribo) e um meio líquido, no interior da cóclea. Ao longo desse percurso, as ondas sonoras têm
- a) mudança de frequência de um meio para o outro.
 - b) manutenção da amplitude entre os meios.
 - c) mudança de velocidade de propagação de um meio para o outro.
 - d) manutenção na forma de onda e na frequência entre os meios.
7. (G1 - ifsul 2019) Uma onda propaga-se em um meio A com uma velocidade de 100 m/s e um comprimento de onda igual a 50 cm. A partir de um certo instante, a onda passa a se propagar em um meio B com uma velocidade de 150 m/s.
- É correto afirmar que o comprimento de onda no meio B é igual a
- a) 150 cm
 - b) 75 cm.
 - c) 100 cm.
 - d) 50 cm
-

8. (Eear 2018) No estudo de ondulatória, um dos fenômenos mais abordados é a reflexão de um pulso numa corda. Quando um pulso transversal se propagando em uma corda devidamente tensionada encontra uma extremidade fixa, o pulso retorna à mesma corda, em sentido contrário e com
- a) inversão de fase.
 - b) alteração no valor da frequência.
 - c) alteração no valor do comprimento de onda.
 - d) alteração no valor da velocidade de propagação.
9. (Upe 2010) Próxima à superfície de um lago, uma fonte emite onda sonora de frequência 500Hz e sofre refração na água. Admita que a velocidade de propagação da onda no ar seja igual a 300m/s, e, ao se propagar na água, sua velocidade é igual a 1500m/s. A razão entre os comprimentos de onda no ar e na água vale aproximadamente
- a) $1/3$
 - b) $3/5$
 - c) 3
 - d) $1/5$
 - e) 1
-

10. (Ufmg 2009) Numa aula no Laboratório de Física, o professor faz, para seus alunos, a experiência que se descreve a seguir. Inicialmente, ele enche de água um recipiente retangular, em que há duas regiões - I e II -, de profundidades diferentes.

Esse recipiente, visto de cima, está representado nesta figura:



No lado esquerdo da região I, o professor coloca uma régua a oscilar verticalmente, com frequência constante, de modo a produzir um trem de ondas. As ondas atravessam a região I e propagam-se pela região II, até atingirem o lado direito do recipiente.

Na figura, as linhas representam as cristas de onda dessas ondas. Dois dos alunos que assistem ao experimento fazem, então, estas observações:

- Bernardo: "A frequência das ondas na região I é menor que na região II."
- Rodrigo: "A velocidade das ondas na região I é maior que na região II."

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

- a) Apenas a observação do Bernardo está certa.
- b) Apenas a observação do Rodrigo está certa.
- c) Ambas as observações estão certas.
- d) Nenhuma das duas observações está certa.

Se liga!

Sua específica é naturezas e quer continuar treinando esse conteúdo?
Clique [aqui](#) para fazer uma lista extra de exercícios.

Gabaritos

Exercícios de Fixação

1. **D**
A reflexão de ondas em cordas com extremidade fina sempre ocorrerá com inversão de fase, portanto, a figura da letra D ilustra a inversão da onda que se choca com a parede.
2. **D**
Na passagem de uma onda entre uma corda *fina* e uma corda *grossa*, o pulso, além da refração, sofrerá reflexão com inversão de fase.
3. **C**
Na reflexão apresentada na figura, por ocorrer na extremidade livre, o pulso manterá sua fase e será dirigido à extremidade fixa. Ao ser refletido pela extremidade presa, ocorre a mudança de fase do pulso.
4. **D**
A frequência é uma característica da onda que depende da fonte, sendo assim, ela não sofrerá alteração na refração. Quando a distância entre duas cristas consecutivas da onda aumenta, isso significa que o comprimento de onda se tornou maior. O aumento do comprimento de onda provoca consequente aumento da velocidade de propagação das ondas. Se a velocidade aumentou, é porque o meio oferece menos resistência à propagação das ondas, por isso, é denominado de meio menos refringente.
5. **D**
A refração de ondas na água ocorre na passagem delas entre regiões com diferentes profundidades. O que se percebe empiricamente é que, nas regiões de maior profundidade, as ondas são mais velozes.

Exercícios de Vestibulares

1. **A**
Após emitidas, as ondas são refletidas para que possam retornar ao animal para o seu reconhecimento da posição dos objetos. Ou seja, esta capacidade é permitida através da reflexão das ondas ultrassônicas.
 2. **A**
Entre a emissão e a recepção do eco, a onda sonora percorre a distância $2d$.
$$2d = v \Delta t \Rightarrow d = \frac{v \Delta t}{2} \Rightarrow d = \frac{340 \times 0,1}{2} \Rightarrow \boxed{d = 17 \text{ m.}}$$
 3. **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.
-

4. C

O fato da onda sonora bater em um obstáculo e retornar caracteriza a reflexão.

5. C

De acordo com o enunciado, levando em conta a equação fundamental e sabendo que a frequência não se altera com a refração da onda, temos que:

$$v_2 > v_1$$

$$\lambda_2 f > \lambda_1 f$$

$$\therefore \lambda_2 > \lambda_1$$

6. C

Relação entre as velocidades do som para os diferentes meios:

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

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

7. B

Na refração a frequência da onda não se altera, assim:

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

$$f_A = f_B \Rightarrow \frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_B}{\lambda_B}$$

Assim, substituindo os valores informados no enunciado:

$$\frac{100 \text{ m/s}}{50 \text{ cm}} = \frac{150 \text{ m/s}}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = \frac{50 \text{ cm} \cdot 150 \text{ m/s}}{100 \text{ m/s}} \therefore \lambda_B = 75 \text{ cm}$$

8. A

No caso do pulso ocorrer numa corda de extremidade fixa, ele é refletido com inversão de fase.

9. D

Quanto uma onda sofre refração, a frequência não se altera.

Então, da equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \frac{v_{\text{ar}}}{v_{\text{água}}} = \frac{\lambda_{\text{ar}} \cdot f}{\lambda_{\text{água}} \cdot f} \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{ar}}}{\lambda_{\text{água}}} = \frac{v_{\text{ar}}}{v_{\text{água}}} \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{ar}}}{\lambda_{\text{água}}} = \frac{300}{1500} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{\lambda_{\text{ar}}}{\lambda_{\text{água}}} = \frac{1}{5}}$$

10. 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.